



PHYTOGEOGENESIS.

DIE

VORWELTLICHE ENTWICKELUNG

DER

ERDKRUSTE UND DER PFLANZEN

IN GRUNDZÜGEN

DARGESTELLT

VON

DR. OTTO KUNTZE.



LEIPZIG

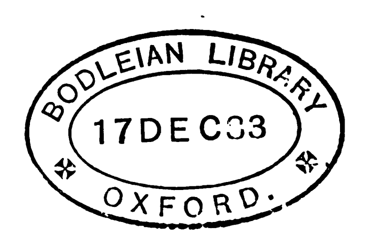
VERLAG VON PAUL FROHBERG

1884.


BODLEIAN LIBRARY
17DEC83
OXFORD.

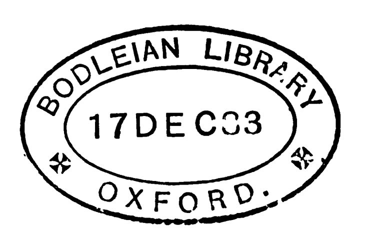
PHYTOGEOGENESIS.







PHYTOGEOGENESIS.


BODLEIAN LIBRARY
17 DEC 03
OXFORD.



Ideales Bild eines marinen Steinkohlenwaldes.

PHYTOGEOGENESIS.

DIE

VORWELTLICHE ENTWICKELUNG

DER

ERDKRUSTE UND DER PFLANZEN

IN GRUNDZÜGEN

DARGESTELLT

VON

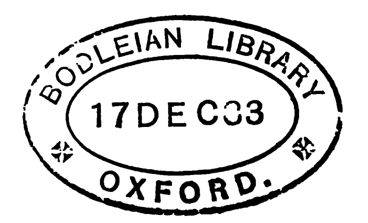
Dr. OTTO KUNTZE.



LEIPZIG

VERLAG VON PAUL FROHBERG

1884.



Druck von August Pries in Leipzig.

Vorwort.

Einige fundamentale geographische, bez. geologische und phytopalaeontologische Fragen, welche die Entwickelung unseres Erdballes und seiner Pflanzendecke betreffen, insbesondere: wie die ältesten Gesteine entstanden, ob das Erdinnere feuerflüssig oder glühendfest ist, wie und wann sich die grossen Pflanzenklassen entwickelten, wo und wie sich die Steinkohlenlager bildeten, fanden bis jetzt noch keine befriedigenden Beantwortungen und bilden Streitpunkte für die wissenschaftlichen Specialisten und Schulen.

Verfasser, welcher in seinem als Beilage zur botanischen Zeitung erschienenen Buche »Schutzmittel der Pflanzen gegen Thiere und Wetterungunst und die Frage vom salzfreien Urmeer« neben letzterer auch obenerwähnte Fragen erörterte, hat dadurch die Discussion über dieselben in verschiedenen Zeitschriften und Publicationen gefördert, was zu manchen Berichtigungen und Bestätigungen seiner neuen Theorien führte. So geläutert und durch zahlreiche neu bekannt gewordene Thatsachen gekräftigt, mögen diese Lehrsätze, welche namentlich die Entstehung der Urgesteine aus gasogenen glühenden Krystallen, die allmähliche Versalzung des Weltmeeres und die supermarine Entwickelung der Steinkohlenpflanzen betreffen, hier zusammengefasst, besser begründet und weiter ausgebaut, einen Beitrag zur Lösung obiger Fragen bieten.

Die Geogenesis, vulgo Schöpfungsgeschichte war bisher ein Feld reich an irrigen Speculationen, von denen noch

manche durch Autoritäten vertreten werden; es war daher nicht zu vermeiden, diese und jene Ansicht zu bekämpfen. Verfasser ist sich nun bewusst, dies rein objectiv gethan, das Hypothetische als solches hingestellt, sich ohne Negation etwa widersprechender Facta stets, soweit es jetzt möglich war, auf Thatsachen gestützt und diese harmonisch combinirt zu haben. »This part«, schrieb ihm einst Charles Darwin über den 2. Theil des oben citirten Buches, das Anlass zu diesem gab, »must be highly speculative, but I remember many years ago thinking that the coal flora must have lived in the sea«. Die Beweise für die Richtigkeit der letzteren Annahme haben sich seitdem reichlich angehäuft.

Bei unbefangener genauer Prüfung der geogenetischen Ausführungen dieses Buches wird man finden, dass dieselben gegen ähnliche Versuche ungemein an Einfachheit gewonnen haben und dass an Stelle mancher Dogmen oder unmotivirter Annahmen, die noch aus der früheren Lehre periodischer Schöpfungen in die neuere Entwickelungslehre des Erdballes hinübergenommen wurden, einfache Folgerungen continuirlicher Ursachen und Wirkungen gesetzt worden sind.

Inhalts-Verzeichniss.

Capitel IV.

Capitel V.

Capitel I.

Principien zur Reconstruction vorweltlicher Zustände.

Wollen wir von vorweltlichen Vegetationszuständen uns ein richtiges Bild verschaffen, so müssen wir es aus relativ sparsamen, oft bis zur Unkenntlichkeit veränderten vorweltlichen Pflanzenresten, bekannten geologischen Thatsachen und naturwissenschaftlichen Gesetzmässigkeiten mühsam reconstruiren; aber die vorhandenen exacten Unterlagen, namentlich die pflanzlichen Fossilien, sind im Vergleich zu den ausgestorbenen Floren so sparsam oder mangelhaft vorhanden, dass wir häufig die Lücken des zu reconstruirenden Bildes durch uns glaubwürdig erscheinende Muthmassungen ergänzen, sagen wir kurz, interpoliren müssen. Je weniger wir indess von Interpolationen Gebrauch machen und je einfacher wir die äusserst verwickelte Aufgabe zu lösen suchen, um so wahrheitsgetreuer wird das Bild werden. Können wir nun auch nicht die hypothetischen Interpolationen vermeiden, so sind diese doch einer strengen Kritik unterworfen, denn sie dürfen nicht einer einzigen bekannten oder bekannt werdenden Thatsache widersprechen. Sind aber unsere Interpolationen so harmonisch und richtig, so dürfen wir sie auch als wechselseitig beweisend und als Stützen für die übrige Reconstruction der vorweltlichen Zustände gelegentlich benutzen. Gleichwohl kann die eine oder andere Interpolation irrig oder ver-

besserungsbedürftig sein, ohne dass deshalb die gesammte Reconstruction in sich zusammen fiele.

Eines ist aber zur Vermeidung von Fehlern bei geogenetischen Reconstructionen besonders zu berücksichtigen: Man muss beginnen, von unten an, bez. von der ersten Erdperiode an, auf möglichst sicherer Basis aufwärts zu bauen; dann kommt man oft zu ganz anderen Resultaten, als bei dem leider üblicheren Verfahren, rückwärts zu reconstruiren, d. h. von heutigen Zuständen stets auf frühere zu folgern und von der letzten Periode an die vorhergehenden zu erforschen.

Erläutern wir dies durch einige Beispiele: Es ist irrig zu folgern, weil jetzige sedimentäre Gesteinsschichten nur auf neptunischen Wege entstehen, dass auch die ältesten sedimentären Gesteine, die Granulite, neptunisch entstanden sein müssen; man kommt dann in Widerspruch mit mancherlei Thatsachen und antineptunischen Eigenschaften, die den zweifellos sedimentären Granuliten anhaften. Es ist verkehrt zu folgern, weil die jetzigen eruptiven Gesteine feuerflüssig geschmolzen sind, dass auch die ursprünglich glühende Erdkruste so gewesen sein muss; dem steht gegenüber, dass die ältesten Gesteine weder Spuren von Glaseinschlüssen und Schlackendampfporen enthalten, noch, wie mancherlei Thatsachen beweisen, metamorphosirt sein können und dass sie oft sedimentär sind. Es ist z. B. irrig anzunehmen, dass, weil die jetzigen Säugethiere fast nur Landthiere sind, die marinen fusslosen Säugethiere regressive Anpassungserzeugnisse seien, da doch die gesammte Fauna marinen Ursprunges ist und solche unvollkommene Zwischenformen ein Postulat der Entwickelungslehre sind; ähnlich ist es auch mit den tangartigen Dicotylen, den Podostemaceen der Fall. Es ist nicht immer richtig, von heutigen Thierspecies, Pflanzen und Vegetationsbildern auf frühere zu folgern, denn jede Species war früher einmal eine Abnormität einer andern, die also andere Eigen-

schaften und Lebensbedingungen besass; es ist mithin beispielsweise auch nicht zwingend zu folgern, weil heute die Wälder nur terrestrisch sind, dass dieselben stets terrestrisch gewesen sein müssen; das Gegentheil war in der Steinkohlenperiode der Fall, wie wir nachfolgend ausführlich beweisen wollen. Ferner wäre es ein falscher Schluss, dass frühere Meereswesen Salzwasserthiere und salzliebende Pflanzen gewesen sein müssen, weil es die heutigen Meeresthiere und Meerespflanzen sind; dem widerspricht nicht blós, dass eine ununterbrochene Versalzung der Oceane stattfindet, dass letztere mithin früher salzarm gewesen sein müssen, sondern z. B. auch, dass die ältesten Meeresfische einen ausgeprägten Süsswassercharacter tragen.

Diese übliche Folgerungsweise beruht auf rückwärtiger Reconstruction vorweltlicher Zustände und lässt die meisten Gelehrten, welche sich mit diesem Thema beschäftigen, nicht aus einem Labyrinth von Irrthümern sich herausfinden. Mit ähnlicher Logik müsste man folgern, weil heute die Tange am üppigsten in den kalten Polarmeeren und weil jetzt sich die meisten sogenannten vorweltlichen Typen der Thierwelt auf dem eiskalten Grund der Oceane finden, dass die Oceane in den frühesten Perioden eiskalt gewesen sein müssen. In der organischen Welt beruht die Veränderung im Laufe der geologischen Perioden nur darauf, dass anfängliche Ausnahmszustände oder Variationen später zur Regel, bez. zur Species wurden; bis zu einem gewissen Grade, gilt dies auch für anorganische Zustände. Man kann daher die heutigen häufigeren Erscheinungen der Natur nicht als zunächst maassgebend für frühere Zustände annehmen, sondern soll die Zustände und Veränderungen früherer Perioden unter Verwendung der vorhandenen Thatsachen aus jeder Periode durch physikalische Gesetzmässigkeiten von unten an aufwärts reconstruiren.

Diese Methode der aufwärtigen Reconstruction ist bisher fast noch nicht angewendet worden, aber sie ist die einzig richtige. Wer fängt wohl ein Haus mit dem Dache zuerst an zu bauen? und doch war ein solches verkehrtes Verfahren bei geogenetischen Reconstructionen allgemein üblich. Bei der aufwärtigen Reconstruction kommt man fortwährend zu anderen Resultaten als die bisherigen und zwar zu erfreulichen richtigen Resultaten, die eine Menge Aufklärungen über Naturerscheinungen bieten, für welche man bis jetzt oft nur dunkle, widerspruchsvolle oder gezwungene Erklärungen hatte.

Ausserdem ist es nöthig, dass die Reconstruction durchaus einheitlich sei und wo sie der Hypothesen nicht entbehren kann, müssen diese sich in den Aufbau streng harmonisch einfügen. Es giebt so viele isolirte Hypothesen, in denen mancher Gelehrte befangen ist, welche an sich geistreich sind, aber doch verworfen werden müssen, wenn sie nicht in die einheitliche Reconstruction passen. Gar manche Sache lässt sich auf verschiedene Weise entstanden erklären und in besonderen Fällen existiren auch ungleiche Entstehungsweisen; wenn man aber alle synchronochorologischen Umstände, d. h. solche die sich auf die gleichzeitigen und localen Verhältnisse beziehen, berücksichtigt, so bleibt in der Regel für jeden synchronochorologischen Fall nur eine einzige Erklärungsweise übrig. Dagegen führt das Negiren der begleitenden Umstände zu isolirten Hypothesen und Erklärungen, welche meist werthlos sind, besonders wenn sie als Gegenbeweise benutzt werden.

Capitel II.

Hypothesen über Entstehung der ersten Wesen.

Als Botaniker fragen wir nun zunächst, wie und wann entstand die erste Pflanze oder vielmehr die erste organische Zelle? Denn Flora und Fauna entwickelten sich nach dem jetzigen Standpunkt der Wissenschaft allmählich durch Differenzirung (d. i. Veränderung, Anpassungserhaltung und Arbeitstheilung) aus der Zelle*) und zeigen in ihren niedrigsten Formen noch so wenig Unterschiede, dass man die niedersten Lebewesen weder als Pflanzen noch als Thiere bezeichnet, sondern Urwesen oder Protisten nennt, die sich in der Regel nur durch einfache Zelltheilung vermehren. Wir suchen diese Frage durch naturgesetzliche, einheitliche (monistische) Entwickelung zu beantworten und schliessen jedes Wunder unbedingt aus, also auch, dass die ersten Lebewesen etwa „geschaffen" oder von einem anderen Himmelskörper „importirt" seien. Ohnehin würde uns der Import durch Meteorite nicht der Entstehungsfrage einfachster Wesen überheben und ist dieser Import überhaupt im höchsten Grade unwahrscheinlich, weil die Lebensfähigkeit etwaiger den Meteoriten anhaftender Lebenskeime durch 4 entgegenwirkende Ursachen

*) Zellenlose einfachste Wesen giebt es nicht. Moneren sind, wie wir später zeigen werden, aus Zellen entstehende Lebewesen, die ausserdem active Bewegung haben, also nicht primitiv sein können.

zerstört sein müsste, ehe diese Lebenskeime auf unsern Erdball gelangen, nämlich durch die ungeheure Kälte des interplanetaren Raumes, durch die wie ein Vacuum wirkende äusserste Gasverdünnung desselben, durch unpassende Gase (Fehlen unserer Luft und Vorhandensein von reinem Wasserstoffgas) im interplanetaren Raum, sowie durch das Glühendwerden der Meteorite, sobald diese die Erdatmosphäre durchstreifen.

Zergliedern wir obige Frage in zwei: 1) wie 2) wann entstand die erste organische Zelle? Die erste Frage können wir durch das Experiment insoweit beantworten, als wir durch die Entdeckungen von Moritz Traub*) im Stande sind, Zellen, welche aus organischen Stoffen (Kohlenhydraten) bestehen und manche pflanzlichen Eigenschaften besitzen, mechanisch herzustellen. Er lehrte uns, dass gewisse amorphe Kohlenhydrate, z. B. durch Kochen ungerinnbar gemachter, sogenannter β-Leim und Gerbsäure, in Lösungen infolge des durch die chemische Reaction erfolgten Niederschlages geschlossene Bläschen mit Häuten bilden, welche Bläschen, bez. Zellen durch Endosmose (Flüssigkeitsaufsaugung der Stoffe in der Zelle durch die Haut von ausserhalb) Spannung erhalten (turgesciren) und durch Intussusception (indem sich zwischen den Poren der durch die Spannung gelockerten Zellhäute dieselben chemischen Niederschlagsproducte auf's Neue zwischenlagern,)**) sich vergrössern, bez. dass sie durch Abwechselung dieser organischen Processe (Endosmose, Turgescenz und Intussusception) wachsen.

*) Reichert's und Du Bois-Reymond's Archiv 1867. Botanische Zeitung 1875, 1878.

**) Genau denselben Process nennt man neuerdings auch Apposition; besser wäre der Ausdruck Interposition oder Zwischenlagerung, während Apposition als Anlagerung z. B. bei manchem Dickenwachsthum der Pflanzen vorkommt und Intussusception nur für Einlagerung in bereits formvollendete Objecte, z. B. Holzstoff in Zellenwänden, Kalkphosphat in Knorpel, gebraucht werden sollte.

Nach D. Monnier und C. Vogt's neuesten Untersuchungen, von denen erst kurze Angaben bekannt wurden,*) entstehen einfache und mit Porencanälen versehene Zellen, Röhren mit Wänden, Scheidewänden, heterogenem granulirtem Inhalt u. s. w., kurzum Gebilde, welche für die Formenelemente der Organismen characteristisch sind, wenn von 2 sich wechselseitig zersetzenden Salzen mindestens eine unlösliche Verbindung gebildet wird und eines davon gelöst, das andere in fester Form vorhanden ist; jedoch nur von Substanzen, die im Pflanzenreich selbst vorkommen, die aber nicht gerade von Pflanzen stammen müssen, z. B. von Zuckerkalk, nicht aber von Zuckerstrontian oder Zuckerbaryt; Carbonate erzeugen vorzugsweise Zellen.

Wenn wir nun auch die Entstehung der Zelle erklären können, so drängen sich doch sofort zwei andere Fragen dazwischen: (1b.) Wie erklärt sich die Entstehung des Lebens der Zellen, bez. Organismen und dessen Vererblichkeit; (1c.) woher kamen die zur ersten Zellbildung nöthigen Kohlenhydrate?

Zur Beantwortung der ersten Zwischenfrage müssen wir zunächst bedenken, dass alle Stoffe aus chemischen Elementen bestehen, die in jeder ihrer Verbindungen besondere und neue constante Eigenschaften erhalten; wahrscheinlich bestehen die uns bekannten Elemente, d. h. Stoffe, die wir nicht weiter zerlegen können, selbst nur aus 2—3 Grundstoffen, welche durch verschiedene, aber bestimmte mechanische Anordnung ihrer Atome den uns jetzt bekannten Elementen die verschiedenen gesetzmässigen Eigenschaften ertheilen.**) Manche

*) Sur la production artificielle des formes des éléments organiques; in Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences XCIV 1882 S. 45,46. Referat im Bot. Centrabl. XIII S. 361.

**) Vergl. Dammer, das System der chemischen Elemente, in Kosmos VII 100—112. Die sogenannten Elemente sind so gesetzmässig, dass Mendelejeff zwei neuentdeckte Elemente Gallium und Scandium dem Atomgewicht, der Härte etc. nach im Voraus berechnen konnte.

Elemente und manche chemische Verbindungen erhielten und besitzen nun die Eigenschaft der Katalyse; katalytische Stoffe regen, ohne sich selbst dabei irgendwie zu verändern, durch ihre blosse Anwesenheit gewisse andere Stoffe zu chemischen Processen an; beispielsweise regt Platinschwamm ein Knallgasgemisch an, sich unter Entwickelung von grosser Hitze chemisch zu Wasser zu verbinden, Lab (Kälbermagen) scheidet aus Milch den Käsestoff aus, Schwefelsäure verändert Spiritus zu Aether, Diastase bildet Stärke in Zucker um; ähnliche katalytische Stoffe sind Pepsin, Myrosin, Emulsin, Invertin, Aldehyde*) u. s. w. Von den unverändert bleibenden katalytischen Stoffen genügt in der Regel ein äusserst geringes Quantum, um grosse Mengen der zu katalysirenden Stoffe umzuändern.

Das Leben ist nun, vom naturwissenschaftlichen, speciell chemischen Standpunkte aus betrachtet, eine constante und continuirliche Reihe kohlenhydrater chemischer Processe, die meist sehr complicirt und uns zum Theil noch ungenügend bekannt sind; fehlen die zu diesen Processen nöthigen chemischen Stoffe, bez. Nahrungsmittel (innere Lebensbedingungen), oder fehlen die äusseren Lebensbedingungen, z. B. die zu den chemischen Processen passende Temperatur, Beleuchtung, Feuchtigkeit, bez. Trockenheit, geeignete Localität, ist also die Constanz der Processe gefährdet oder wird diese Constanz durch Abnutzung der Organismen oder gewaltsam unterbrochen, so erlischt das Leben. Verändern sich aber die inneren oder äusseren oder beiderlei Bedingungen zu diesen chemischen Processen nur allmählich und gering, so entstehen auch oft veränderte Lebensformen (Variabilität), die unter günstigen Umständen zuweilen constant werden.

---

*) Vergl. Botanische Zeitung 1882. No. 48. O. Loew, der chemische Charakter des lebenden Protoplasma.

Ich möchte nun die Vermuthung wahrscheinlich zu machen suchen, dass das Leben der ersten Zellen auf Katalyse einzelner chemischer Stoffe beruht, z. B. eines Diastase-ähnlichen Stoffes; spielt doch Diastase neben den eiweiss-, stärke- und gerbsäureartigen Stoffen eine wesentliche Rolle in der Vegetation, speciell der Keimung und dem Zellleben; auch das Wachsthum künstlicher Zellen wird wesentlich und auffallend durch Zuckerzusatz gefördert; Zucker entsteht aber durch Diastase aus Stärke. Vielleicht sind ursprünglich nur zweierlei Kohlenhydrate zur ersten Zellbildung und Anregung ihrer fortdauernden chemischen Processe nöthig gewesen, einerseits ein Gerbstoff, andererseits ein Kohlenhydrat mit gleichzeitig katalytischer und Gerbsäure fällender Eigenschaft.

Die organischen Verbindungen, bez. Kohlenhydrate, obwohl sie wesentlich nur aus 3—4 Stoffen bestehen, nämlich Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und zuweilen Stickstoff, sind äusserst mannigfaltig und viele sind besonders im feuchten Zustande leicht veränderlich, so z. B. durch Sauerstoffaufnahme aus der Luft, besonders bei Sonnenbeleuchtung oder auch im status nascendi, d. h. wenn eine neue chemische Verbindung gerade entsteht; manche Kohlenhydrate verändern sich leicht durch Stickstoffaufnahme aus der Luft bei schwacher electrischer Spannung, wie Berthelot speciell für die hier in Betracht kommende feuchte Cellulose, Dextrin u. s. w. nachwies. Wird also durch einen katalytischen Stoff die Anregung zu neuen chemischen Processen gegeben, so ist die weitere Bildung anderer chemischer Verbindungen unter etwas veränderten Lebensbedingungen erklärlich.

Diese neuen Verbindungen bilden nun auch Nahrungsstoffe, die nicht blos für das eigene Individuum, sondern auch für ein neues, abzutrennendes Individuum nöthig sind und zwar als Mitgift bei Trennung der Tochterzelle oder des Tochterindividuum, sodass die für jede Art eigenthümlichen und

constant gewordenen chemischen Processe und die daraus entstandenen Stoffe übertragen werden; die Vererbung dürfte also nur auf Uebertragung des katalytischen Stoffes und der Nahrungsmitgift beruhen.

Die meiften Protisten vermehren sich nur durch einfache Theilung der Zelle, die Continuität der Katalyse und der Nahrungsmitgift ist also nicht gestört; an Stelle der ursprünglichen Zelltheilung finden wir bei den nächsthöher entwickelten pflanzlichen Lebewesen, den niederen Algen, eine einfache Verschmelzung (Conjugation) zweier gleichgestaltigen, von den übrigen nicht abweichenden Zellen, wobei durch Vermischung ungleicher Zellsäfte verschiedener Exemplare eine neue Zelle mit normalem Zellsaft erzeugt und zweifelsohne Inzucht, bez. einseitige Verringerung der Eigenschaften vermieden, also kräftige Nachkommenschaft in der Regel erzeugt wird.*) Manche nennen schon diese Conjugation geschlechtliche Copulation, doch kann man noch nicht bestimmte

*) Die Befruchtung kann ursprünglich auch nur ein krankhafter Ausnahmezustand gewesen sein, der sich später zur Regel gestaltete und vervollkommnete, dabei das Krankhafte verlierend. Man kann jetzt noch zahlreiche Fälle constatiren, dass bei manchen Pflanzen erst Befruchtung eintritt, wenn sie zu kränkeln anfangen; sei dies nun veranlasst, dass sich die klimatischen Bedingungen im Verlaufe des Jahres ändern oder wenn den Pflanzen Nahrung entzogen wird oder wenn sie dem Substrat gewisse Nahrungsstoffe entzogen haben. Manche Pflanzen gehen mit bez. nach der Befruchtung zu Grunde (hapaxanthe Pflanzen), nachdem sie noch die beim Kränkeln übrig gebliebenen Nährstoffe in der Befruchtung zur Regeneration gesunder normaler Pflanzenkeime in der Frucht verwendeten. Ueppig ungestört wachsende Pflanzen dagegen kommen zuweilen fast gar nicht zum Befruchtungsact. Es seien wenigstens ein Paar bekannter Beispiele angeführt: Bambusa vulgaris, der fast nie blüht, bez. dann abstirbt; ferner der Wein, welcher, wo er in tropischen feuchten Urwäldern wächst, äusserst selten blüht; in der Cultur bringt man ihn zum häufigeren Blühen durch Beschneiden der sogenannten wilden Triebe, wodurch man die zu grosse Anhäufung der Nahrungsstoffe vermeidet. Dass viele Pflanzen, wenn sie „ins Kraut

geschlechtliche Zellen unterscheiden. Aus der Zellenconjugation entwickelte sich durch weitere Differenzirung die streng geschlechtliche Befruchtung, wobei die Eigenschaften des ganzen Organismus durch einzelne bestimmte, meist ungleiche oder besondersgestaltige Zellen vererbt werden, welche Zellen dann geschlechtliche genannt werden.

---

schiessen", selten blühen, ist bekannt; auch bei Verpflanzung mancher unserer Culturpflanzen in tropisches, feuchtes Klima ereignet sich dies. Andere Pflanzen, welche nicht blühen sollen, versetzen die Gärtner öfters; wenn man z. B. Sempervivum jährlich versetzt, blüht es erst nach mehreren Jahren, während es unversetzt vom Standort durch Entziehen gewisser Bodenbestandtheile eher kränkelt und blüht. Derselben Ursache verdanken manche massenhaft auftretende Algen ihr plötzliches Verschwinden; nachdem sie gewisse zu ihrer Existenz nöthige Stoffe dem Wasser entzogen haben, kränkeln und fructificiren sie und verschwinden zeitweise, bis im Wasser die entzogenen Stoffe wieder ergänzt sind, wonach erst eine neue Entwickelung aus den inzwischen ruhenden Fruchtsporen eintreten kann. So hat man die Entstehung der Befruchtung als eine ursprüngliche Krankheitserscheinung zu erklären, wobei also aus den kränkelnden Resten durch Vermischung compensirender Zellsäfte zweier Zellen eine neue Zelle mit normalem Zellsaft, die zeitweis ruhende Fruchtspore, erzeugt wird. Vor Kurzem hat Thomas Meehan (Proceedings Acad. Nat. Sciences of Philadelphia 1883, S. 49—51; vergl. auch Bot. Centralblatt XIV S. 168, 169) einige interessante Beiträge über reichliche Blüthenentwickelung infolge gestörter Nahrungsverhältnisse (Stapelia, Wistaria) geliefert.

Ist nun die Erklärung richtig, dass die Befruchtung aus Compensation der ungleichen Säfte zweier Zellen verschiedener kränklicher Individuen zu einer Zelle mit normalem Saft entstanden ist, so ergeben sich verschiedene Consequenzen, die manche betreffende Naturerscheinung aufhellen; so dürfte es folgerichtig sein, dass Fremdbefruchtung die ursprüngliche Befruchtung gewesen sei und dass die Selbstbefruchtung, wie sie bei Zwitterblüthen, wenn auch nicht immer, stattfindet, ein später entstandener Erhaltungszustand ist, wobei nicht ausgeschlossen ist, dass aus Zwitterblüthen manchmal wiederum getrennte Geschlechter entstanden. — Die Vererbung kann ferner nur eine vollständige sein, wenn die Compensation der zweierlei Zellsäfte zu normalem eine vollständige ist; wiegt dagegen der Zellsaft der einen oder anderen Zelle etwas vor, so werden entweder die Eigenschaften des einen oder anderen Individuum mehr

Das Product der zweierlei Geschlechtszellen ist die Frucht; diese ist aber bei den meisten Kryptogamen noch von so einfacher Construction und den Geschlechtszellen selbst oft so zum Verwechseln ähnlich, dass man anstatt Frucht Spore sagt und leider auch unter dem Namen Spore sowohl Ge-

---

in der Frucht zum Ausdruck kommen oder aber es findet unvollkommene Befruchtung statt, die wenn es rechtzeitig geschieht, durch weitere Befruchtung, ja selbst durch Zuführung fremder Befruchtungszellen ergänzt werden kann. So ist z. B. nach Koelreuter's und Gärtner's Culturversuchen ein Ueberschuss von Pollen nöthig, ehe — in dem speziellen Falle gilt es für Hybriden — eine normale Befruchtung herbeigeführt wird; Lecoq und manche Gärtner behaupten durch Anwendung von zweierlei Pollen sofort Tripelbastarde erzeugt zu haben.

Da die weibliche Zelle vital mit der Unterlage zusammenhängt, wird diese, also die Mutterpflanze, und die künftige Nachkommenschaft manchmal durch die Befruchtung beeinflusst. Koehlreuter nannte solche Beeinflussungen, welche eine Formveränderung der Mutterpflanze herbeiführen „Tinkturen“, Focke später „Xenien“, wofür er (Pflanzenmischlinge 1881 S. 510—518) interessante Fälle aufführt: besonders sei erwähnt die Befruchtung von Chamaerops humilis zugleich mit Chamaerops- und Phoenix-(Dattel) Pollen, wobei statt runder kleiner, dattelähnliche grosse längliche Chamaeropsfrüchte entstanden, aus denen aber nur Chamaerops-Pflanzen hervorgingen. In anderen Fällen erwies sich die Beeinflussung nicht blos auf die Frucht, sondern auch auf Blüthen, wobei die Nachkommenschaft auch keine Abweichungen zeigte, wie es z. B. bei gleichzeitigen eigenen und fremden Befruchtungen zwischen Wicken, Linsen, Erbsen und Pferdebohnen nach Wiegmann's u. A. Culturversuchen der Fall sein dürfte.

Darwin hatte für „die directe Wirkung des männlichen Elementes auf die mütterliche Form“ schon im 11. Capitel des „Variiren der Thiere“ manche Thatsachen zusammengestellt, wovon besonders bemerkenswerth ist, dass eine arabische Stute von einem Quaggahengst einen Bastard und später von einem arabischen Hengst 2 Füllen geboren hatte, deren Beine noch deutlicher gestreift waren, als die des Quaggas. — Aber auch der entgegengesetzte Fall, dass wenig Pollen genügt, um viele weibliche Zellen zu befruchten, wie es z. B. bei den meisten Angiospermen mit vielen Sameneichen in einem Fruchtknoten sich herausgebildet zu haben scheint, erklärt sich nur durch die überwiegende Eigenschaft des Saftes der einen, in diesem Fall der männlichen Zelle auf die weibliche Zelle sammt deren vitalen Unterlage, dem Fruchtboden; denn würde der

schlechtszellen, als die daraus entstandene Frucht versteht; man spricht z. B. von Mikrosporen und Makrosporen, welches männliche und weibliche Geschlechtszellen, aber durchaus nicht Früchte sind, wie noch Viele irrig annehmen; man spricht irrig von Früchten der Fucaceen, welche doch nur geschlechtliche Zellen besitzen, die sich exoterisch, d. h. ausserhalb der Pflanze erst befruchten.

Entwickeltere Früchte sind eine Folge veränderter Lebensbedingungen der niederen Pflanzen; sie mussten entstehen, als sie sich dem theilweisen Luftleben anbequemten. Was man gemeinhin Früchte nennt, sind Behälter, in denen der katalytische specifische Stoff (Keimstoff) einer Pflanze neben der Nahrungsmitgift gegen Austrocknung, bez. Kälte geschützt ist, sodass sich die chemischen Lebensprocesse an fremder Stelle nach Wiedereintritt günstiger äusserer Lebensbedingungen (feuchte, bez. warme Luft) fortsetzen können und derart nach zeitlicher oder örtlicher Unterbrechung eine neue Pflanze hervorbringen.

Beseitigen wir dagegen diese Hindernisse zur Fortsetzung der chemischen Lebensprocesse an fremder Stelle, so können wir die meisten Pflanzen ungeschlechtlich aus geringen Resten von Blättern, Knospen, Stengeln oder Wurzeln vermehren, wobei die Fortsetzung der katalytischen Processreihen an fremder Stelle immer wieder von der gleichzeitig vorhandenen

---

letztere nicht zugleich beeinflusst, so wäre es in vielen Fällen nicht erklärlich, wodurch die anderen weiblichen Zellen desselben Fruchtknotens zugleich mit befruchtet würden. Der häufigste Fall bleibt aber der, dass eine Geschlechtszelle die andere direct compensirt.

Die Annahme ungleicher, sich mehr oder minder compensirender Säfte in den zweierlei geschlechtlichen Zellen erklärt alle diese Erscheinungen ungezwungen; diese Compensation konnte aber erst eintreten und wurde erst nöthig, als gestörte Lebensbedingungen, also krankhafte Erscheinungen, die ursprünglich rein vegetative Vermehrung der Organismen manchmal unterbrach.

Nahrungsmitgift bedingt ist. Wenn wir beispielsweise im Vermehrungskasten der Warmhäuser, wo auf gleichfeuchte und gleichwarme Luft gehalten wird, einen frischen Blattrest, z. B. einer Begonia oder ein Aestchen mit einer Blattknospe, etwa einer Rose, in den Sand stecken, — letzteres um den neuentstehenden Wurzeln einen Halt zu bieten —, so erzielen wir ungeschlechtlich neue Pflanzen daraus; zerschneiden wir dabei ein Begonienblatt in 20 Stückchen, so werden wir 20 neue Pflanzen erhalten, die aber, weil sie über wenig Reservenahrungsstoff verfügen, zärtlich sind und längere Zeit so bleiben; zerschneiden wir jedoch das Begonienblatt nicht und stecken es nur an einer Stelle in den feuchten Sand, so erhalten wir bald eine grosse, kräftige Pflanze.

Man darf aus dieser und vielen ähnlichen Thatsachen folgern, dass einerseits der katalytische Stoff, welcher also an sich intact bleibt, nur in minimaler Menge vorhanden zu sein braucht, um neues Leben anzuregen — der Stoff einer einzigen Zelle, von der jede neue Begonienpflanze ausgeht, genügt offenbar — und dass andrerseits das Leben der jungen Pflanze von der Grösse der Mitgift an Nahrungsstoffen wesentlich bedingt ist. Indess die Quantität der Nahrungsmitgift ist sehr verschieden bei den Lebewesen, je nachdem sie in ihrer Jugend geschützt sind und neuen Zufluss von anderen passenden Nahrungsmitteln erhalten. Die Quintessenz des Lebens liegt daher nur im katalytischen Stoff. Ob es nun vielleicht für jede Species und Gattung einen besonderen oder ähnlichen, mehr oder minder modificirten katalytischen Stoff giebt, ist bei der Menge der möglichen Kohlenhydratverbindungen und ihrer oft ausserordentlichen, sogenannten chemischen Beweglichkeit nicht unwahrscheinlich, wenn auch dieses Feld der Chemie vielleicht in Anbetracht des minimalen Vorkommens dieser katalytischen Stoffe noch gänzlich unerforscht daliegt; immerhin dürfen wir hoffen, dass auch

diese Stoffe noch erforscht werden und dass es uns noch gelingen wird, einfache lebende Wesen chemisch zu erzeugen, besonders nachdem wir erst die Bedingungen ihrer ursprünglichen Entstehung richtig erkannt haben werden. --

Was nun die andere Zwischenfrage anbelangt: Woher kamen die zur ersten Zellbildung nöthigen 2 oder mehreren Kohlenhydrate? so dürfen wir zur Beantwortung nicht ausser Acht lassen, dass es auch anorganische (synthetische) Kohlenhydrate giebt, und dass nicht blos die chemischen Elemente, bez. Wasser, Luft und Kohlensäure, aus denen sich die Lebewelt bildete, sondern sogar anorganische Kohlenhydrate vor Entstehung der Organismen existirt haben müssen; letzteres lässt sich nicht blos daraus folgern, dass der interplanetare Raum jetzt noch mit Wasserstoff und gasigen Kohlenhydraten erfüllt ist, wie die chemischen Analysen des in Meteoriten enthaltenen Gasquantum zeigten, nicht blos daraus folgern, dass in den Atmosphären von Himmelskörpern, welche noch auf einer primitiven Entwickelung stehen, Kohlenhydrate spectroskopisch nachgewiesen sind, sondern es ist direct auch bewiesen, dass sie auf unserem Erdball existirten, als sich der Granit bildete. Letzteres muss aber bei einer Temperatur von mindestens 300° geschehen sein, da seine Mineralien nur solches Wasser enthalten, was entweder accessorisch eingeschlossen oder chemisch gebunden ist und sich erst über 1000° (das accessorische Wasser), bez. über ± 300° (das chemisch gebundene Wasser) entfernen lässt. In den Quarzen des Granites ist nun nicht blos flüssige Kohlensäure, die nur unter einem ungeheueren, organisches Leben ebenfalls ausschliessenden Atmosphärendruck (unter Berücksichtigung der Hitze und der Belastung der Atmosphäre mit sämmtlichem Wasser wenigstens 400, höchstens 500 Atmosphären*)

*) Die gesammte Wassermenge gleichmässig über den Erdball vertheilt, würde ziemlich genau 2500 m tief sein. Ebensoviel Wasser kann höchstens

entstanden sein kann, ein ziemlich häufiger Bestandtheil, sondern es sind auch Kohlenhydrate als accessorische Bestandtheile neben der flüssigen Kohlensäure im Granitquarz direct, zuerst von Sir Humphry Davy *), nachgewiesen worden. Ausserdem existirte vor Entstehung der Lebewesen Graphit**), der unter mässigem Druck und geringer Hitze bei Anwesenheit von Luft und Wasser sich zu Kohlenhydraten verändert, also unter Bedingungen, die in der 2. geologischen Periode bestanden; in der That sind auch derart wahrscheinlich nachträglich, aber vor Entstehung der Lebewesen entstandene

---

nach dem Erkalten der Erdkruste in dieselbe eingedrungen sein; denn wenn die ursprünglichen Meere mehr als 5000 m durchschnittlich tief gewesen wären, würden keine Inseln und Continente existirt haben. Diese aber existirten von jeher, denn sonst hätten die massenhaften neptunischen Sedimente der 2., 3. und 4. geologischen Periode nicht entstehen können. Die Annahme mancher Naturforscher, dass früher einmal der Erdball völlig mit Wasser bedeckt gewesen sei, ist daher irrig; die Gesteine der ersten geologischen Periode sind, wie wir im 3. Capitel beweisen werden, ganz ohne Wasserbedeckung entstanden. — 2500 m Wassersäule auf dem Erdball entspricht genau 250 Atmosphärendruck, da 1 Atmosphärendruck = 1 kg Druck auf 1 qcm ist, und 10 m Wassersäule à 1 qcm = 1000 cc = 1 kg beträgt.

*) Annales de chimie et de physique XXI, 132.

**) Graphit existirt im Urgebirge, das also bei mehr als 300⁰ Hitze entstanden ist. Graphit ist nicht organischen Ursprungs und ist kein Beweis, dass organisches Leben bei Entstehung der Urgesteine existirt habe, wie noch vielfach — eine Consequenz der falschen rückwärtigen Reconstructionsmethode — geglaubt wird, trotzdem das Gegentheil bewiesen ist. Die Beweise sind:

1) Graphit ist ein Substitut für Glimmer in den Urgesteinen, also kein organisches Fossil, sondern ein Mineral und zwar ein Mineral, das zu gleicher Zeit und unter gleichen Bedingungen wie die anderen Urgesteinsmineralien entstanden ist.

2) Graphit lässt sich nur glühend darstellen, (ebenso sind die Urgesteine glühend entstanden,) was organischen Ursprung ausschliesst.

3) Primitiver Graphit findet sich in den Urgesteinen neben flüssiger Kohlensäure und letztere kann nur unter einem ungeheuren Druck entstanden sein —

Bitumen, wiewohl selten, in granitischen Gesteinen gefunden worden. Kurz, mancherlei Kohlenhydrate existirten vorher, und die geeigneten werden gelegentlich schon zusammengetroffen sein, so dass die ersten organischen Zellen entstehen konnten; die Vervollkommnung der Organismen stellte sich dann durch Variabilität (d. h. Störung der chemischen Processreihen), vorzugsweises Ueberleben des Passendsten, wobei

---

wie gezeigt, mindestens 400 Atmosphären. Ein solcher Druck schliesst aber alles Leben, also auch organischen Ursprung des Graphites aus.

4) Graphit ist reiner Kohlenstoff oder eine chemische Verbindung mit Eisenmetall; organische Kohle dagegen ist nie freier Kohlenstoff, sondern nur ein Gemisch von Kohlenhydratverbindungen. Vergl. F. Muck, Steinkohlenchemie.

5) Primitiver Graphit ist krystallisirt oder krystallinisch; organische Kohle ist stets amorph; allenfalls durch Zerreibung, also an secundärer Lagerstätte, ward Graphit erdig.

6) Primitiver Graphit ist stets ohne Thon, also (wie auch alle anderen Urgesteinsmineralien) unter Ausschluss von Wassermechanik entstanden; Kohle dagegen ist nur aus verwesenden Organismen unter Wasser entstanden, wenn sich Thon zwischen- oder überlagerte; sonst verwesten die Organismen vollständig. — H. Credner giebt zwar in seinen Elementen der Geologie, 4. Aufl. S. 373, thonigen Graphit in der Urgneissformation an, aber irrig, denn die dazu gelieferten Angaben (Fig. 97 u. s. w.) beweisen, dass die betreffenden Fundorte in die huronische Periode gehören. In den Urgesteinen ist überhaupt nie Thon vorhanden. Als späteres aus ursprünglichem Graphit durch Wasser zusammengeschwemmtes Gestein, also an secundärer Lagerstätte, kann Graphit sowohl Thon als auch Petrefacten erhalten.

7) Es sind die einfachsten, also auch die ältesten Lebewesen, die Protisten, äusserst leicht verweslich und sie können überhaupt keine Kohle hinterlassen haben, sodass wir die frühest entstandene organische Kohle erst im Silur, als sich auch Pflanzenabdrücke bildeten, annehmen dürfen.

8) Im Graphit findet sich zuweilen metallisch-gebundenes Eisen, Mangan, Chrom, Titan; alles Stoffe, die nicht aus Pflanzen stammen können und in Kohlen stets fehlen.

Früher nahm man schon an, dass Graphit „plutonischen" Ursprunges sei, weil er nicht auf kaltem Wege dargestellt werden kann. Dagegen erhoben nun die Neptunisten, G. Bischof an der Spitze, den Einwand, dass Kohlenstoff in Glühhitze Eisenverbindungen und Silicate, sowie die Kohlensäure beim Kalkglühen

aber auch viel Minderpassendes erhalten blieb, Vererblichkeit, Arbeitstheilung, kurzum Differenzirung, von selbst ein. Wir brauchen gar keine strenge Grenze zwischen anorganischen und organischen Formen zu ziehen und können transscendentaler Erklärungen entbehren; denn zuerst mussten die einfachsten atomistischen Aggregate und Verbindungen aus dem Atmokosmos entstehen, die uns als anorganische Stoffe entgegentreten und infolge einfacherer atomistischer Anordnung auch

---

zum Theil in Kohlenoxyd reducire. Diese Processe finden bei jetzigem Atmosphärendruck statt, während bei stärkerem Druck die chemischen Processe oft ganz anders verlaufen; Kalk wird z. B. bei Glühhitze unter starkem Druck chemisch nicht zersetzt, dagegen geschmeidig, während er ohne besonderen Druck geglüht, die Kohlensäure verliert und die ursprünglichen Contouren behält; Kieselsäure und Kalk haben bei dem ± 400 Atmosphärendruck, unter welchem die Urgesteine entstanden, keinen kieselsauren Kalk gebildet u. s. w. Eine andre verwirrende Beweisführung ist die, dass der Graphit Asche liefere; diese hielt man ohne weiteres für organischen Ursprunges. Aber die Asche des Graphites kann zweierlei Art sein: 1) im secundären Graphit zugeschwemmte Erde, 2) im primitiven Graphit rein mineralische accessorische Bestandtheile, z. B. manchmal viel Eisen (z. Th. metallisches, das chemisch mit Graphit verbunden ist!) Mangan, Chrom, Titan etc. Die vorerwähnten Stoffe liefern sogar, weil sie in Organismen fehlen oder (Eisen betreffend) nicht in grossen Mengen darin vorkommen, einen guten Beweis gegen den organischen Ursprung des Graphites. Schliesslich ist als Beweis angeführt worden, das Graphit als Pseudomorphose nach Eisenkies in den Meteormassen von Arva gefunden worden ist. (Poggendorff Annal. LXVII 437) Haidinger beschreibt ein Meteoreisenvorkommniss und entstammt der Graphit dem metallischen Eisen, ist also a priori nicht organischen Ursprunges. Das meiste Eisen ist ja eine chemische Verbindung von reinem Eisenmetall mit Kohlenstoff und vermag letzteren glühend in Ueberschuss zu lösen, bez. scheidet ihn beim Erkalten theilweise wieder aus. Haidinger selbst erklärt den interessanten Fall wie folgt: bei der theilweisen Auflösung des Eisenkieses zu Eisenvitriol bildete sich ein galvanischer Strom, der die Ursache des Absatzes des Graphites war; Eisenkies bildete die negative Kathode, Eisen die positive Anode, wobei, wie ein von Haidinger angeführtes Experiment zeigt, Kohle vom positiven Pole weggerissen und am negativen Pole als Graphit abgelagert ward. Dieser Fall bildet also keinen Beweis für die angebliche organische Natur des Graphites.

einen festeren, regelrechteren Bau, eine geringere Zersetzlichkeit und fast keine Variabilität besitzen; allmählich mussten aus den Ueberresten des Atmokosmos complicirtere Verbindungen entstehen, die der Regel nach, je complicirter sie wurden, auch um so mehr chemisch beweglich, d. h. um so eher zersetzbar, um so variabler wurden. Die einfachen Kohlenstoffverbindungen sind noch anorganische Substanzen; die organische Welt besteht aus zusammengesetzteren Kohlenstoffverbindungen, die durch ihre leichtere Zersetzbarkeit, bez. chemische Beweglichkeit, den Anstoss zur Entstehung, Variabilität und Vervollkommnung der Organismen gaben. —

Nun kommen wir zur Beantwortung der zweiten Frage: Wann entstanden die ersten organischen Zellen? und jetzt erst werden wir eine sichere Basis für den genetischen Aufbau gewinnen können. Die zeitliche Entstehung der Lebewesen hängt so innig mit der Entstehung der ältesten Gesteine und der sie begleitenden Umstände zusammen, dass sich diese zweite Frage nicht ohne eine andere Frage, nämlich wie und wann entstanden die ältesten Gesteine? beantworten lässt und ich in möglichster Kürze die Resultate der diesbezüglichen Forschungen, soweit ich sie anzuerkennen vermag, mittheilen will. Ich möchte die allmähliche Entwickelung der Erdkruste unter Berücksichtigung der wesentlichsten Veränderungsursachen, wie im nächsten Capitel folgt, darstellen.

Capitel III.

Characteristik der geologischen Perioden.

Anorganische und kryptobiotische Periodengruppen (Synonyma: archäische oder krystallinische Formationen). Die Organismen fehlten oder existirten nur in der letzten Periode als schleimige, zarte Wesen, die fossil nicht erhalten blieben. Die Gesteinsbildung geschah unter hohen Temperaturgraden, anfangs durch Zusammensinterung gasogener glühender Krystalle ohne Wassermechanik, später durch Cementirung der obenauf restirenden, nicht zusammengesinterten Krystalle vermittelst heissen Wassers. Die vulkanischen Erscheinungen äusserten sich nur durch Druck*) und zwar durch 1) blasen-

*) Druck ist die Kraftäusserung eines Körpers auf einen anderen Körper, die auf dessen Volumenverminderung hinwirkt, bez. soweit dies nicht möglich ist, in andere Kräfte (Bewegung, Wärme u. s. w.) umgesetzt wird. Der planetarische oder tellurische Druck ist entstanden aus der überschüssigen Anziehungskraft einer Masse auf eine andere Masse; jede Masse besteht aus dem specifischen Gewicht und dem vorhandenen Volumen. Halten wir dies fest, so haben wir eine Anzahl Fälle und Rechnungsfactoren, die für die Genesis der Planeten von Wichtigkeit sind. War z. B. der Kern, der sich zuerst aus einem Atmokosmos bildete — möglicherweise liesse sich eine Parallele mit Kometen, die aus Gasen und kleinsten Körpern bestehen dürften, ziehen; doch bleibt dies dahingestellt —, anfangs klein, so war auch dessen Anziehungskraft klein und der restirende Atmokosmos wurde nur wenig angezogen; letzterer übte also fast gar keinen Druck auf den Kern und auf dessen von der Kerngrösse bedingte kleine

artiges Austreiben der zwischen den in tieferen Lagen zusammensinternden glühenden Krystallen befindlichen Gase, (wobei wohl auch die oberen loseren Schichten zuweilen mit emporgeschleudert wurden) 2) zuweilen massenhaftes Hervordringen plastischer unterer Schichten mit unverändertem Gestein aus Spalten, veranlasst nur durch zu starke Ueberlastung der oberen Schichten.

Atmosphäre aus. Die besondere Atmosphäre des kleinen Planetenkernes war also auch nicht compress und der entstehende Himmelskörper, der sich nur aus glühenden Krystallen zusammengebaut haben kann — auf die Beweise hierfür kommen wir später zurück — war auch nicht compress, sondern wegen der zwischen den Krystallen befindlichen Gase relativ leicht. Die Gase zwischen den Krystallen des Planetenkernes konnten erst herausgepresst werden als sich progressiv die Niederschläge, also auch die Masse des Kernes und dessen Anziehungskraft vermehrten, weil damit auch der Druck durch die obenauf liegenden Niederschlagsschichten und durch die vergrösserte Masse der Atmosphäre wuchs.

Die Anziehungskraft nimmt nun mit der Entfernung progressiv ab und ist in der Function begrenzt durch die vorhandene Masse der anzuziehenden Stoffe. War nun bei der ursprünglichen Bildung kleiner Planetenkerne deren Anziehungskraft, soweit sie zur Bildung einer regelrechten (kugeligen) besonderen Planetenatmosphäre nöthig war, eine sehr geringe, so konnten sich auch aus dem ungeheuren übrigen Atmokosmos mit ungestörtem Gleichgewicht noch mehrere Planeten gleichzeitig oder nach und nach bilden, (vielleicht analog der Trennung eines Kometen in mehrere Kometen), welche Planeten je nach der früheren oder späteren, beschleunigteren oder langsameren Ausbildung verschiedene Grösse und Gewicht, bez. Druck erhielten und aus dem noch vorhandenen Rest des Atmokosmos gemäss ihrer gewachsenen Anziehungskraft sich die letzten Atmosphären bildeten. Die Anziehungskraft der verschiedenen Planeten ist so gross, dass in dem interplanetaren Raum schliesslich nur noch die leichtesten Gase in ungeheuerer Verdünnung zurückblieben. Erst als die einzelnen Planetenkerne sammt ihren angezogenen Atmosphären so gross geworden waren, dass sie trotz der mit der Entfernung im Quadrat abnehmenden Anziehungskraft sich gegenseitig anzogen, konnten sich die wechselseitigen Beziehungen der planetarischen Bewegungen ordnen.

Bei diesen Annahmen sehen wir also von einer allgemeinen Entstehung der Planeten aus aequatorialen Nebelringen ab. Es liegt dazu auch kein logischer Zwang vor; es ist im Gegentheil unwahrscheinlich, dass diejenigen Planeten, welche specifisch schwerer als die Sonne sind, sich von der Sonne sollen derart

Primärzeit oder anhydrate Periode. (Syn. Urgneissformation, laurentische Formation.) Durch Verdichtung der Gase schieden sich aus einem Atmokosmos glühende Niederschläge aus, welche die Himmelskörper unseres Planetensystems bildeten, zunächst die centrale weissglühende Sonne, später oder z. Th. gleichzeitig die Planeten, welche anderes specifisches Gewicht, also theilweise andere Zusammensetzung und auch geringere Glühhitze erhielten. Unsere Erde ist nie über Rothgluth erhitzt gewesen, denn soweit wir deren älteste Kruste kennen — bis 30000 m granitische Gesteine infolge Verschiebungen der Erdkruste — enthält sie in den ältesten, den granitischen Gesteinen nur zusammengesinterte Mineralkrystalle, deren Bestandtheile über Rothgluth, also über $\pm$ 1000° zum Theil chemisch und mechanisch zersetzt[1]) werden und zwar Krystalle, die gemäss den verschiedenartigen, mechanisch fest eingeschlossenen Mikrofluida ursprünglich[2]) sind, also nicht durch Umwandlung (Metamorphose) aus einer etwaigen schlackigen Erdkruste, noch weniger durch hydrochemische Processe aus Meeressedimenten entstanden sind. Ausserdem ist eine Metamorphose durch absolutes Fehlen von Glaseinschlüssen und Dampfporen, also von Schlackenresten, durch die anhydraten Eigenschaften der Granitmineralien, durch die zweifellos sedimentäre Ablagerung der zuweilen feingeschichteten und ihren Habitus oft ändernden

---

abgezweigt haben. Wenn die Erde, welche 4 Mal grösseres specifisches Gewicht als die Sonne hat, jemals wirklich feuerflüssig gewesen wäre, so wäre ihre Entstehung durch Abschleuderung von der Sonne eher denkbar, denn bei Rotation sammeln sich die flüssigen schwersten Substanzen an der Peripherie, soweit sie nicht abgeschleudert werden; aber der Feuerflüssigkeit widersprechen die geringen Abplattungen der schweren Planeten und die physikalischen Eigenschaften der Urgesteine. Dagegen ist die Annahme, dass specifisch leichtere Nebenplaneten durch äquatoriale Nebelringbildung entstanden seien, zulässig, wenn auch nicht immer erforderlich; denn es ist ebensowohl möglich, dass selbstständig entstandene Planetoiden manchmal zu Trabanten wurden.

Granulite, durch das zuweilen vorkommende Nebeneinanderliegen zusammengehöriger Krystallbruchstücke und durch die ineinandergeschobenen Krystalle der Granitmineralien ausgeschlossen; die hydrochemische Metamorphose aus Meeressedimenten ist ohnehin noch nie nachgewiesen worden, weder chemisch, noch makroskopisch in der Natur, noch mikroskopisch in den Dünnschliffen, während dagegen granitische Lager zwischen unveränderten petrefactenführenden Schichten vorkommen, was sich mit der Metamorphosentheorie nicht erklären lässt, und sich der umgekehrte Fall, die auf Zersetzung zu Thon beruhenden Processe granitischer Gesteine, mikroskopisch leicht verfolgen lässt.

Fanden aber die Niederschläge für unsere Erde aus dem Atmokosmos nur rothglühend statt, so ergiebt sich von selbst, — wie es ja auch durch manche andre Thatsachen bestätigt wird — dass diese Niederschläge nicht feuerflüssig, sondern glühend krystallisirt[3]) waren. Da unveränderte Urgesteinsmineralien ausser dem mechanisch eingeschlossenen Wasser der etwaigen Mikrofluida allenfalls nur Constitutionswasser, das sich nicht unter $\pm$ 300^0 austreiben lässt und niemals Hydratwasser enthalten, so können sie auch nicht unter $\pm$ 300^0 entstanden sein. Die Gesteine der ersten Periode sind also zwischen $\pm$1000^0 und 300^0 entstanden. Nicht blos sind die Urgesteinsmineralien, soweit sie nicht nachträglich verändert sind, stets ohne Hydratwasser, sondern es fehlen dazwischen auch hydromechanische Erosionsproducte, z. B. amorpher Thon[4]); auch sind die granitischen Mineralien von solcher mechanischer Anordnung[5]), die hydromechanisch unerklärlich ist und nur gasogen sedimentär sein kann; deshalb die Bezeichnung »anhydrate« Periode. Die Urgesteine (Granulite, Urkalk u. s. w., auch Graphit) enstanden also durch atmosphärische Niederschläge [6]) glühender Mineralkrystalle und damit erklärt sich auch, dass

die Granulite oft sedimentär geschichtet sind; die unteren glühenden Schichten mussten infolge der Belastung mit oberen Schichten zusammensintern und die dazwischen befindlichen Gase austreiben; durch Zusammensinterung der in mässig tiefer Lage befindlichen Krystalle zu compactem Gestein (analog Gletscher, die sowohl die geschichtete Sedimentation der atmosphärischen, zusammengesinterten, oft verschobenen, krystallinischen Niederschläge, als auch die Spaltenbildung zeigen) bildeten sich infolge der beim Zusammensintern verschwindenden Lufträume und durch relative Abkühlung häufige, local isolirte Spalten, die oft durch obenauf liegende lose Krystallschichten oder weitere Niederschläge gasogener Krystalle mit gleichem oder ähnlichem Material, wie das des Nebengesteins erfüllt wurden und mit diesem dann zusammensinterten. Die Urgesteine sind also gasogen sedimentär[7]), waren aber glühendplastisch genug, dass ihre tiefsten Schichten auch bei zu grosser Ueberlastung zuweilen gepresst aus grösseren Bruchspalten eruptiv hervortraten und über jüngeren Schichten sich deckenartig ausbreiteten, was selbst noch in den nächsten Perioden der Fall war. — Das gesammte Wasser verblieb, mit Ausnahme des wenigen etwa in den Mikrofluida der Granitmineralien mechanisch fest eingeschlossenen Wassers, dampfförmig in der Atmosphäre und es existirte infolge dessen auf der Erdkruste ein Druck von mindestens 400, höchstens 500 Atmosphären. Das relativ sparsam vorhandene Chlor, welches nebst Fluor das stärkste chemische Verbindungsbestreben besitzt, verband sich zuerst und kommen Chloride (Kochsalz, Apatit) in unausgelaugten Urgesteinen nur accessorisch, nie als besondere Bestandtheile vor und zwar wohl nur in älteren Schichten, während die jüngsten Urgesteine davon frei sind und mehr accessorisches gasogenes Wasser und Kohlensäure enthalten. — Metalle, welche sich mit den Urgesteinsmineralien aus dem Atmokos-

mos zugleich fest oder flüssig niederschlugen, konnten und mussten zum grössten Theil durch die glühenden Urgesteine durchseigern und dürften die Spalten des festen, specifisch schwereren, rothglühenden Erdkernes[8]) ausfüllen, bez. soweit sie glühendfest und sehr schwer sind, das Centrum bilden. Ausser dem Wasser verblieb in der Atmosphäre noch die überschüssige Kohlensäure. Zu den letzten festen gasogenen Niederschlägen gehört das leichteste aller Urgesteinsmineralien, der Graphit[9]); als zuletzt häufigeres, oberstes Product findet er sich seltener in den zusammengesinterten Urgesteinen dieser Periode, dagegen relativ häufig, wenn auch meist fein zerrieben, in den zusammengeschwemmten Gesteinen der nächsten Periode.

Bemerkungen zur Characteristik der I. Periode.

1) Es werden Urgesteinsmineralien, wenn über Rothgluth erhitzt, durch die Expansion mancher winziger Flüssigkeitseinflüsse dann zersprengt und es entstehen bei sehr grosser Hitze z. Th. Gläser und Dampfporen, falls etwas Wasser und Kochsalz vorhanden ist. In Weissglühhitze wird Kochsalz dampfförmig und bei Gegenwart von Kieselsäure und etwas Wasser chemisch zersetzt, was selbst unter Druck stattfindet; dabei wird Salzsäure frei und kieselsaures Natron (Wasserglas) entsteht, bez. bei Gegenwart von Feldspathen oder Thonsteinen oder Kalk entstehen dann echte Gläser. Hierauf beruht auch die Verwendung des Salzes bei mancher Glasfabrikation und zur Steinzeugglasur. Im Granitquarz finden sich aber winzige Einschlüsse von Kochsalz mit Wasser; mithin kann er nicht über Rothgluth entstanden sein.

2) Diese Mineralkrystalle, besonders der granitische Quarz enthalten mechanisch bei ihrer Entstehung eingeschlossene Flüssigkeiten (Mikrofluida) in so fest abgeschlossenen Hohlräumen, dass eine nachträgliche Infiltration unmöglich ist. Infiltration ist auch wegen der Art der Mikrofluida unmöglich, z. B. flüssige Kohlensäure neben Vacuolen in Krystallen eingeschlossen, beweisen solche porenfreie Hohlräume, die bei der ursprünglichen Entstehung des Krystalles mechanisch sich gebildet haben. (Vergl. Zirkel, Mikrosk. Beschaffenheit der Mineralien S. 49—51.) Ist überhaupt jede Metamorphose bei der Urgesteinsbildung ausgeschlossen, so ergiebt sich die ursprünglich krystallinische Entstehungsweise von selbst. Es kann zu den oben gegen die Metamorphose angeführten Gründen noch ergänzt werden, dass hydrochemische Metamorphosen nur wolkig in einander verschwimmende nicht aber fein geschichtete Gesteine verursachen könnten, dass,

die Umlagerung der Glimmerblättchen um Krystalle, z. B. Granaten, sich nicht durch Metamorphose innerhalb eines festen Gesteines erklärt, ebensowenig, als dass sich innerhalb eines solchen Gesteines grosse Krystalle sollten ineinandergeschoben haben.

3) Der Schmelzpunkt der meisten Urgesteinsmineralien liegt erst bei Knallgashitze (x tausend Grad), also weit über Rothgluth; manche sind überhaupt nicht schmelzbar. Sie könnten sich also sogar bei Weissgluth krystallisirt niedergeschlagen haben; dass es nicht der Fall bei unserem Erdball war, geht daraus hervor, dass, wie gezeigt, die Urgesteinsmineralien über Rothgluth z. Th. zersetzt werden. Wohl aber könnte der Fall krystallisirten weissglühenden Niederschlags bei weissglühenden Himmelskörpern stattgefunden haben; denn die Hauptmasse eines rotirenden kugeligen Körpers muss fest sein, sonst wird er bei der Rotation zur Scheibe. Das bekannte Experiment mit dem Oeltropfen in einem specifisch gleichschweren Gemisch von Wasser und Spiritus beweist nicht das, was man damit beweisen möchte; denn die Himmelskörper schwimmen nicht in einem specifisch gleichschweren Fluidum. Nur dann aber bleibt die flüssige Kugel rund, aber auch dann nur bei langsamer Bewegung; bei schneller Rotation, wie sie planetarisch doch stattfindet, werden die Oeltropfen auch flach.

Manche finden noch die Annahme gasogener glühendfester Niederschläge für absonderlich; sie vergessen dabei, dass sie dann gasogene feurigflüssige Niederschläge annehmen müssen, denn ein Drittes giebt es bei einer glühenden Zusammenballung von Himmelskörpern aus dem Atmokosmos nicht. Ich, der ich mich strenger an die physikalischen Eigenschaften der Urgesteine halte, behaupte gasogene glühendfeste Niederschläge, und das ist in der That der einzige Unterschied mit anderen Hypothesen. Dann erklären sich die damit zusammenhängenden geologischen Thatsachen ungezwungen und harmonisch, was bisher noch nicht gelungen war. Uebrigens sind die meisten Urgesteinsmineralien aus Gasen auskrystallisirt nachgewiesen oder dargestellt worden.

So finden sich in den Auswürflingen der Vulkane sogenannte sublimirte Mineralien, die man auf gegenseitige Zersetzung von Gasen zurückführt, (Vergl. J. Roth, Geologie 1879 S. 412, 418) dabei Quarz, Glimmer, Augit, Granat, div. Feldspathe, Apatit, Eisenglimmer, Olivin, Hornblende, und zwar manchmal in Gesellschaft von allerhand Chloriden, die für diesen Fall, weil sie meist wasserlöslich sind, Entstehung durch Lateralsecretion ausschliessen, da ein solcher wässriger Process die Chloride entfernt hätte; auch eine einfache Reaction von Gasen auf das Gestein der Auswürflinge, welche jene Krystalle verursacht hätte, ist ausgeschlossen und zwar weil diese Auswürflinge entweder nicht Zersetzungsproducte und deren Zerstörung zeigen oder weil sie nebenbei Metallchloride und

andre gasogene Krystalle enthalten, die gar nicht aus der Masse der Auswürflinge hätten chemisch resultiren können. Ferner sind die Feldspathe in oberen Regionen von Kupferhütten und Eisenhochöfen (Zirkel-Naumann, Mineralogie 1877 S. 224) sogenannte Sublimationsproducte oder vielmehr gasogene chemische Producte, da man unter Sublimation gasogene Producte ohne chemische Reaction zu verstehen hat. Quarz entsteht bei hoher Temperatur aus Fluor- oder Chlorsiliciumgas und Wasserdampf; wenn nun auch dieser Process nicht für den Urquarz anwendbar sein dürfte und die Processe, durch welche die gasogenen Krystalle in vulkanischen Auswürflingen entstanden, uns z. Th. noch unbekannt sind, so ergiebt sich doch zweifellos die Möglichkeit gasogener Krystallisation der Urgesteinsmineralien, während wir für gasogene geschmolzene Niederschläge chemischer Entstehung, wie sie feurigflüssige Himmelskörper bedingen würden, nicht den geringsten Anhalt haben.

4) In der Regel fehlen auch Gerölle in den Urgesteinen; diese sind indess nicht völlig ausgeschlossen, weil bei Eruptionen auch ohne Wasser Gerölle und zertrümmerte Gesteine entstehen, und zwar die kugeligen Eruptionsproducte durch die bei der Emporschleuderung auf Rotation beruhende Abrundung glühender Gesteine in der Luft. Sind doch selbst granitische Bomben im Granit bekannt. Gerölle und Conglomerate beweisen nicht immer neptunische Entstehung. Ausserdem ist nicht ausgeschlossen, dass gegen Ende der 1. Periode durch die Einwirkungen der ersten Regen, die aber schnell wieder verdunsteten, die obenaufliegenden Urgesteinskrystalle zuweilen geballt und gerollt wurden, während gleichzeitig noch normale Zusammensinterung zu massigen Urgesteinen unter grosser Hitze stattfand, sodass also Gerölle keineswegs Beweise für neptunische Entstehung der Urgesteinsmineralien sind, wie die H. Credner'sche Schule annimmt. Nur der Thon wäre ein Beweis dafür, der fehlt aber absolut und eine gegentheilige Angabe (vergl. S. 17 Fussnote) beruht auf Irrthum. An sich sind Gerölle eine seltene Erscheinung in den Urgesteinen und dürften sich auf oberste Schichten der Urgesteine beschränken. — Ob überhaupt die angeblichen Gerölle der 1. Periode immer Gerölle — seien dies nun vulkanische oder neptunische —, sind, bleibt dahingestellt. Es ist nämlich noch die Erklärung für eine anderweite Entstehung der granitischen Kugeln zulässig, welche an einigen beschränkten Stellen nicht gerade selten sind; ja die Granitkugeln liegen z. B. im Ganggranit bei Schmiedeberg im Riesengebirge nach Klockmann „so dicht nebeneinander, dass sie sich in ihrer Ausbildung gestört haben". Letzteres kann aber auch nach der Ausbildung und bei ihrem Niederfallen geschehen sein; sie liegen nämlich anderorts, wie L. von Buch angiebt, wie Kanonenkugeln in durchschossenen Mauern in anderer Granitmasse eingebettet. Die Erklärung

ihrer Genesis kann nun auch folgende sein: Die gasogene Bildung der Urgesteine bietet soviel ähnliche Erscheinungen mit der Schneeablagerung und Eisbildung aus atmosphärischen Niederschlägen, dass man auch die Hagelbildung nicht ausschliessen möchte, wenigstens nicht für das Ende der 1. Periode als die gasogenen Processe ruhiger geworden waren, in welchen Zeitabschnitt auch die Bildung der Granitkugeln fällt. In der That bestehen die Granitkugeln aus concentrischen Schichten oder Zonen (vergl. F. Klockmann in der Zeitschr. d. dtsch. geol. Ges. 1882 S. 399, 400), wie dies der Hagelbildung entspricht und zwar bestehen diese concentrischen Schichten um einen Krystall oder eine Krystallmasse aus den verschiedenen Mineralien des Granites in variirender Zusammensetzung.

5) In den granitischen Gesteinen sind die einzelnen Mineralien nicht, wie es bei neptunischer Entstehung unausbleiblich wäre, besonders (drusenartig) gruppirt, sondern die Krystalle, (welche durch spätere Zusammensinterung undeutliche Contouren erhielten) der verschiedenen Mineralien sind fast nur isolirt und bunt gemischt, so zwar, dass grosse und kleine, flachschuppige (glimmerartige) und compacte (Quarz, Feldspath) Krystalle innig für jede Gesteinssorte mit grosser Regelmässigkeit gemischt sind; eine Anordnung, die wässrigen Ursprung ausschliesst.

6) Uebrigens liegen auch directe Beweise für die gasogene Entstehung der Urgesteinsmineralien vor. Wenn nämlich ein Krystall aus einer heissen Mutterlauge auskrystallisirt, so entstehen die Mikrofluida im Krystall und nach deren Abkühlung Vacua, die man Libellen nennt; es sind diese Libellen in jedem aus einer Mutterlauge entstandenen Krystall proportional gross zur Menge der daneben befindlichen Mutterlaugeneinschlüsse (hiervon giebt es nur 2 Ausnahmen, die aber nicht auf die Urgesteinsmineralien passen: wenn Bodengase, z. B. bei Steinsalzbildung, aus verwesenden Organismen innerhalb der Mutterlauge aufsteigen oder wenn bei bewegter flacher Mutterlauge, z. B. bei Seesalz, Luft in den Krystall eingeschlossen wird). Ferner existiren dann in jedem Krystall nur die Mutterlaugeneinschlüsse, also nur eine Sorte von Mikrofluida. Beides ist nun bei den Urgesteinsmineralien nicht der Fall. Die Libellen sind oft improportional, enthalten, also noch extra mechanisch eingeschlossene Gase der Atmosphäre, in welcher sie entstanden und die Flüssigkeitseinschlüsse sind überhaupt keine Mutterlaugeneinschlüsse, denn sie bestehen im Granitquarz bald nur aus flüssiger Kohlensäure oder aus Kohlensäure mit Wasser, bald aus Kochsalz mit etwas Wasser und zuweilen mit anderen Alkalisalzen, sowie mit oder ohne freie Schwefelsäure oder Salzsäure, mit oder ohne flüssige Kohlensäure, manchmal sogar mit Kohlenhydraten gemischt; die Zusammensetzung dieser Mikrofluida ist äusserst verschieden. Die flüssige Kohlensäure war bei ihrer Einschliessung, weil

das bei höherer Temperatur stattfand, jedenfalls ein comprimirtes Gas, wie dies auch Sorby (vergl. Zirkel, Mikrosk. Besch. d. Mineralien S. 62) annimmt und lässt daher auch, weil sie eines der häufigeren Bestandtheile der Mikrofluida im Urquarz ist, nur auf gasogene Entstehung des Urquarzes folgern. Da die Mikrofluida ungleichartig, zuweilen ganz ohne Wasser, öfters von Gasen begleitet oder ursprünglich gasartig, also keine Mutterlaugeneinschlüsse sind, so ist auch diejenige Variation der neptunischen Hypothesen, wonach nur ein Theil der über dem glühenden Erdball schwebenden Wasserdunst-, Kohlensäure- und Luftatmosphäre unter starkem Druck niedergeschlagen, überhitzte Meere gebildet und eine schlackige Erdkruste zum Theil aufgelöst, allmählich krystallinisch wieder niedergeschlagen und auf diese Weise metamorphosirt haben soll (Vergl. H. Credner, Geologie 1878 S. 316), hinfällig. Solche überhitzte Meere haben sich erst nach Entstehung der Urgesteine, also in der 2. Periode gebildet und nur verschwindende Solutionsfähigkeit für granitische Urgesteine besessen; die Gesteine der 2. Periode, deren Mineralien aber vorherrschend noch anhydrat sind, da sie aus der 1. Periode wesentlich stammen, zeigen zuerst hydrochemische, hydromechanische, bez. metamorphe Erscheinungen. Ausserdem könnte bei dieser Crednerschen Hypothese nur ein geringer Theil der hypothetischen schlackigen Erdkruste metamorphosirt worden sein, da ja die zuerst aus der Solution niedergeschlagenen Urgesteinsschichten den tieferliegenden Rest der problematischen primitiven Erdkruste verdeckt, wasserdicht abgeschlossen und der weiteren Auflösung und Metamorphose entzogen hätte; allenfalls hätten bei dieser Annahme zunächst immer wieder die bereits ausgeschiedenen Urgesteine gelöst werden können. Man sieht, diese Hypothese ist nicht viel besser als die anderen neptunischen und metamorphen Hypothesen, deren meisten sonstigen Bedenken sie noch ausserdem unterworfen ist.

7) Die sedimentäre Ablagerung der Granulite lässt sich in jedem Urgebirge beobachten, besonders dann leicht, wenn jedes Lager aus etwas anders zusammengesetzten Mineralien besteht; die einzelnen Lagen sind bald durch diese oder jene Sorte Glimmer oder Feldspath, bald durch Vorherrschen des einen oder anderen Minerals, bald durch verschieden grosses Korn oder gewisse Beimengungen gekennzeichnet. Die einzelnen Lagen sind, wie besonders die Geologen der sächsischen Landesaufnahme beobachteten, auf grössere oder geringere Strecken etwas muldenartig bez. linsenähnlich ineinander ausgekeilt und unregelmässig abgerundet umgrenzt. Es entspricht also jede Lage oder Bank einem periodischen, local begrenzten Niederschlag einer „chemischen" Wolke, deren Producte, obwohl sie in der Hauptsache nur aus Glimmer, Quarz und Feldspath bestanden, fast für jede Lage irgend eine Variation zeigen. Für jeden

einzelnen Niederschlag herrscht meist eine bestimmte Korngrösse vor, wie es auch noch jetzt bei atmosphärischen festen oder flüssigen Niederschlägen meist der Fall ist; bei beträchtlicher Korngrösse trat wohl auch manchmal ein Zerbersten der niederfallenden, vielleicht minder glühenden Krystalle ein, woraus sich erklären würde, dass manche grosskörnige Granite (Pegmatite) aus (später zusammengesinterten) regellos angeordneten Bruchstücken der einzelnen Krystalle bestehen.

Auch die allseitig isolirte „kuchen- und scheibenförmige“ Einlagerung von Granit und Gneiss (welche Th. Fuchs in den Verhandlungen der K. K. geolog. Reichsanstalt 1881 besprach und wozu auch Serpentin gehört, der aber ein secundäres, aus Olivinfels entstandenes Umwandlungsproduct ist) im Urkalk und überhaupt die häufige sogenannte Schlierenbildung in den Urgesteinen lässt sich in der Regel nur als durch Wolkenniederschläge entstanden erklären und zwar als Niederschläge vorübergehender kleiner Wolken. Es ist ja nicht ausgeschlossen, dass die plastisch glühenden Urgesteine zuweilen eruptiv waren, aber solche Eruptionen liefern ursprünglich keine isolirten Deckenlagerungen, sondern müssen mit dem Eruptionsort in Zusammenhang gestanden haben; eine solche Entstehungsweise ist aber für die meisten archäischen Schlieren, die sich ringsum auskeilen, unmöglich anzunehmen; manche können allerdings auch eruptiv entstanden und nachträglich isolirt worden sein. Manche kleine Schlieren lassen sich — obwohl das für solche in den Urgesteinen sehr fraglich erscheint — allenfalls auch bedingungsweise als Secretionen erklären, jene im Urkalk aber sicher nicht und grössere überhaupt nicht; sie können nur durch Wolkenniederschläge entstanden sein. Dabei ist auch nicht ausgeschlossen, dass im Urkalk die Gneissbänke zuweilen zerrissen wurden, denn der Urkalk war auch glühend plastisch und kohlensaurer Kalk wird in Glühhitze und bei gleichzeitigem hohem Dampfdruck — wie das doch der Fall war — etwas geschmeidig. Neptunisch wäre die granitische Schlierenbildung im Urkalk vollends unerklärlich.

Die Wolkenbildung ist nicht blos eine locale, sondern auch eine zeitweise und unruhige Erscheinung; aus ähnlicher Eigenschaft der die Urgesteinsmineralien bildenden Wolken erklärt sich, dass diese Mineralien sich in der Regel nur zu einzelnen isolirten Krystallen ausbildeten, woraus nach späterer Zusammensinterung körnig-krystallinische Massen wurden; bei andauernden und ruhigen chemischen Processen dagegen, mögen diese nun gasförmig oder flüssig stattfinden, resultiren Krystalldrusen und Gruppirungen der einzelnen chemisch verschiedenen Producte, nicht aber isolirte Krystallbildung mit Durchmischung einzelner verschiedenartiger Mineralkrystalle. Ferner sind die

Krystalle der Granitmineralien meist allseitig gleich ausgebildet oder vor dem Niederfallen wenigstens so gewesen; das ist wohl bei einer schnellen Bildung in einer Atmosphäre erklärlich, nicht aber in einem Fluidum, worin die entstandenen Krystalle verbleiben, auch nicht, wie Leucit in der Lava, innerhalb eines Magma. Letzterer Fall passt gar nicht auf die Urgesteine, da solche isolirt entstandene Krystalle eine Grundmasse voraussetzen, die den Urgesteinen fehlt und da ein solche Grundmasse weder völlig verschwunden, noch, wie wir oben zeigten, metamorphosirt sein kann. Ueberhaupt ist das sogenannte Magma, der glühendwässrige Brei, mit dem sich manche Geologen ohne besonderes Nachdenken die Genesis der Urgesteine erklären, ein Unding; wie konnte wohl eine glühende Masse zur Zeit der glühenden Erdkruste breiartig sein, bez. viel Wasser enthalten, wenn darüber kein entsprechender Druck existirte; der würde aber bei der Annahme, dass alles Wasser in der glühenden Masse vertheilt gewesen wäre, nicht existirt haben, denn dann wäre blos eine einfache Atmosphäre übrig geblieben. Lava enthält wohl bei ihrem Erscheinen aus dem Erdinnern Wasser, aber nur weil sie durch chemisch zersetztes und wieder gebundenes Wasser veranlasst unter dem Druck der erstarrten Erdkruste entsteht. Ein Magma könnte auch keine sedimentären Erscheinungen wie die der Urgesteine erzeugen, dagegen müssten Hydratmineralien darin entstehen, die wiederum den Urgesteinen fehlen. Magma ist weiter nichts als ein Räthsel und ein Schlagwort, mit dem man nicht die Genesis der Urgesteine erklären kann.

Selbst wenn man ein Magma ohne Wasser sich vorstellen wollte, also annehmen würde, dass die Urgesteine flüssig gewesen seien und durch sehr langsames Erstarren, bez. unter grossem Druck ein rein krystallinisches Gefüge erhalten hätten, so ergeben sich doch eine Anzahl Unmöglichkeiten, diesen Erklärungsversuch auf die Urgesteine anzuwenden. Man kann wohl bei starker Glühhitze unter grossem Dampfdruck, wie Hall zeigte (Citat in Kosmos III 436) kohlensauren Kalk als solchen unzerstört verflüssigen und beim Erkalten wird er rein krystallinisch erstarren; setzt man Schlemmkreide in dicht verschlossenen Gefässen der Weissglühhitze aus, so sintert sie, ohne eigentlich zu schmelzen, zusammen und es entsteht Marmor; man kann auch, wie F. Fouqué und Michel Lévy zeigten (Comptes rendus LXXXVII 700, Kosmos V 215), Feldspath bei einer Glühhitze, wo Platin bald schmilzt, herstellen und durch langsames Erstarren zu einer rein krystallinischen Masse erhärten lassen. Aber das sind isolirte Schmelzungen, die kein Glas im chemischen Sinne (saure kieselsaure Alkali-Metallverbindungen) ergeben. Man kann auch aus Glasflüssen wohl einzelne Krystalle, deren Bestandtheile in den chemischen Glasverbindungen überschüssig gewesen sind, durch langsames Erkalten ausscheiden, aber nie wird

aus dem Glasfluss, wie er bei sehr hoher Hitze aus den Urgesteinen doch entsteht, beim Erkalten ein gleichmässiges Gemisch von Quarz, Feldspath, Glimmer, resp. Kalk eintreten, denn die Erkaltung genügt nicht, das Glas chemisch zu zersetzen und noch dazu in bestimmte Aggregatzustände einzelner Mineralien zu bringen. Ausserdem blieben bei einem Erstarren aus einem trocknen Schmelzfluss unerklärt: die Mikrofluida des Urquarzes, die sedimentären Lagerungsverhältnisse der Urgesteine, die zuweilen zerbrochenen Krystalle der einzelnen Mineralien in der zusammengesinterten Masse der Urgesteine, etc. etc.

Noch irriger ist im Grunde genommen die Hypothese der neptunischen Sedimentation der Urgesteine, denn diese sind nur, selbst bei hohem Druck und Hitze, äusserst schwach wasserlöslich und soviel Wasser, als die Urgesteine zur Lösung erfordern, existirt auch nicht im Entferntesten. Selbst eine oberflächliche Wahrscheinlichkeitsrechnung zeigt dies sofort. Die bekannte Mächtigkeit der Urgesteine beträgt 30000 m; ihre Löslichkeit im Wasser ist problematisch, doch sagen wir 1: 1000. Wasser, die Erde gleichmässig bedeckend gedacht, ist = 2500 m hoch; ins Erdinnere kann höchstens ebensoviel nach Abkühlung der Erdkruste eingedrungen sein, denn sonst hätten in der 2., 3., 4. Periode keine Inseln und Continente existiren können; diese haben aber existirt, weil neptunische Sedimente reichlich entstanden. Also 30000 $\times$ 1000 m hoch sind mindestens nöthig; eine 5000 m hohe Wasserschicht existirte höchstens, fehlt eine 29955000 m hohe Schicht Wasser. Um sich von dieser Menge eine Vorstellung zu machen, genügt zu erwähnen, dass der Halbmesser der Erde noch nicht $6^1/_2$ Millionen m beträgt. An ein Abschleudern des Wassers von dem Erdball nun zu denken, liegt nicht die geringste Ursache vor; im Gegentheil muss angenommen werden, dass mit dem Wachsen des Erdballs an fester Masse auch seine Anziehungskraft wuchs. Aber wahrscheinlich besteht das Erdinnere zum grossen Theil ebenfalls aus Urgesteinen und existiren vielleicht 200 Mal soviel Urgesteine, als die 30000 m bekannte Schicht beträgt, dann wäre ein 200 Mal grösseres Manco von Wasser vorhanden. Man kann diese Wahrscheinlichkeitsrechnung variiren, aber stets wird ein fürchterliches Deficit an Wasser für die neptunische Hypothese herauskommen. Da nun die Sedimentation der Urgesteine zweifellos ist, die neptunische aber aus diesen und früher erwähnten Gründen ausgeschlossen ist, so erübrigt nur die gasogene Sedimentation der Urgesteine. — E. Kalkowsky kommt in einem Artikel „Ueber die Erforschung der archäischen Gesteine“ (Neues Jahrbuch für Mineral. 1880 S. 1—28) zu dem Schlusse, dass er — wie er sich vorsichtig ausdrückt — nicht Anhänger ausschliesslich einer der jetzt herrschenden Theorien und Hypothesen sein könne und dass ihm Gneiss und Glimmerschiefer noch petrographische Hieroglyphen seien. In der Zeitschrift

der Deutschen Geolog. Ges. 1881 S. 629—653 widerlegt er sodann in einem Aufsatze „Ueber den Ursprung der granitischen Gänge im Granulit", die H. Credner'sche Erklärung, dass diese Gänge neptunisch entstanden seien, ausführlich und beweist, dass sedimentärer Granulit, Ganggranit und ältester Eruptivgranit relativ gleichzeitig und auf dieselbe Weise entstanden sein müssen. Wenn er meine Arbeiten („Wie bildeten sich die Urgesteine?" in Kosmos 1879 V, 172 bis 181. „Die verschiedenen Hypothesen über Bildung der ältesten Gesteine, 1880 im Tageblatt der 53. Vers. deutscher Naturforscher und Aerzte in Danzig S. 193—195. „Um die Erde" 1881 S. 513—514) gekannt hätte, würde er gefunden haben, dass ich darüber schon hinreichende Erklärungen gegeben habe und würde sich seine überaus complicirte und räthselvolle neue Hypothese wohl erspart haben. In einer Replik hat H. Credner (Zeitschrift d. dtsch. geol. Ges. 1882 S. 500—510) die Kalkowsky'sche Hypothese bekämpft und die seinige zu vertheidigen gesucht, was letzteres aber als misslungen zu bezeichnen ist, weil folgende Argumente nicht widerlegt sind:

a) die granitischen Gänge sind blos auf die älteste Periode beschränkt und fehlen schon in den Urschiefern, also in der 2. Periode; daher müssen die Spalten schon vor der 2. Periode entstanden und ausgefüllt worden sein, nicht aber, wie Credner bezüglich der Entstehung der Granitgänge voraussetzt und worauf er seine Widerlegung basirt, Mitte der Steinkohlenperiode. In letzterem Falle müssten diese Gänge auch zuweilen sedimentär-klastische Producte der späteren, bez. der 3., 4., 5. Periode enthalten, was nie der Fall ist; andererseits dürften Granitgänge nicht eruptiver Natur, die also weder Rutschflächen des Nebengesteines noch Contactmetamorphosen zeigen und nach unten zu sich auskeilen und geschlossen sind, in späteren Perioden, falls Ganggranit überhaupt durch Lateralsecretion, d. h. Auslaugung des Nebengesteins, entstanden wäre, nicht fehlen, da die summarische chemische Zusammensetzung mancher späterer Felsgesteine oft kaum von der des Granites abweicht.

Nun geben einige Geologen an, dass Ganggranite seltener auch in den Urschiefern, also noch in der 2. Periode vorkommen; es ist aber niemals nachgewiesen, dass dieses seltnere Vorkommniss ein selbständiges sei; im Gegentheil giebt Klockmann ausdrücklich an, dass solche seltene Ganggranite im Glimmerschiefer des Riesengebirges nicht selbständige seien, sondern nur directe Fortsetzungen von Gängen bilden, die ursprünglich im Granitit vorkommen. Es ist bei der glühendplastischen Entstehung der Ganggranite nicht ausgeschlossen, dass sie in seltneren Fällen auch in Spalten der oberliegenden Gesteinsschicht gepresst wurden. Es ist ausserdem noch eine Erklärung möglich, wenn wir über die aufsteigende Entwickelung der Erdkruste nachdenken und nicht rückwärts

reconstruiren, nämlich dass sich Ende der 1. oder im Anfang der 2. Periode, als die Krystalle, welche den Glimmerschiefer der 2. Periode bildeten, noch lose obenauf lagen und wenig vom überhitzten Wasser cementirt waren, sich ein Abkühlungspalt durch den Granit und die obere Schicht bildete; es musste dann der Spalt mit obenaufliegenden, noch wenig zusammenhängenden Mineralien ausgefüllt werden, die in der Tiefe, wo grössere Hitze herrschte, und durch die aufsteigende Hitze mehr zusammensinterten. In der That scheint das bei einigen zuletzt entstandenen Ganggraniten, die lockeres Gefüge (mit Drusenräumen) und Spuren von hydrater Einwirkung zeigen, der Fall gewesen zu sein; auch in diesem Falle entstand der Ganggranit aus ursprünglichen Krystallen, die in der 1. Periode sich gebildet hatten.

b) Lateralsecretion erfordert eine Relation zwischen Mächtigkeit der Gänge und dem Betrag der Zersetzung der Nebengesteine; diese Relation existirt aber zwischen Lagergraniten und Ganggraniten auch nicht annähernd; Granaten, die manchmal in harten Granuliten accessorisch vorkommen und etwas chloritisch durch Wasser zersetzt sind, Lateralsecretion also andeuten, beweisen nicht das Gegentheil; denn z. B. 10 m starke Ganggranite können doch aus Granaten des sonst unzersetzten Nebengesteins, welches nur sparsame und nur wenig zersetzte Granaten enthält, überhaupt nicht entstanden sein und insbesondere auch nicht, weil die Lateralsecretion, wie Kalkowsky nachweist, oft auf den engsten Raum beschränkt gewesen sein musste.

c) Lateralsecretion würde auch eine chemische Relation zwischen Ganggranit und Nebengestein erfordern; diese existirt aber auch nicht, da z. B. in kalkreichen ($11\frac{1}{2}\%$ Kalk) Granuliten von Schweizerthal die begleitenden Granitgänge frei von Kalk und Carbonaten sind; der angeblich gegentheilige Fall, den H. Credner nun citirt, beweist doch nicht, dass an solchen Orten, wo chemische Lateralsecretion absolut ausgeschlossen ist, dieselbe doch möglich sei. Es lassen sich übrigens die Beispiele, wo chemische Lateralsecretion im Urgebirge ausgeschlossen ist, vermehren; z. B. im Riesengebirge sind die Gänge meist titanreich, im Nebengestein ist Titan meist sehr selten, wenn auch nicht ganz fehlend; die Granitgänge in Skandinavien, im Ural, auf Elba enthalten viel seltene Mineralien accessorisch, zuweilen in nicht unbeträchtlichen Mengen und Lagen, und zwar mit seltenen Elementen, die im Nebengestein kaum nachgewiesen oder nachweisbar sind; eine grosse Anzahl Mineralien sind ausschliesslich auf Granitgänge beschränkt. Ein analoger Fall chemisch unmöglicher Lateralsecretion ist auch das vereinzelte schlierenartige Vorkommen von Granit im Urkalk.

d) Die granitischen Gänge enthalten (mit Ausnahme des secundär entstandenen

Chlorites) keine Hydrosilicate, ockriges Eisenoxyd etc. (Hydrate), wie solche bei Auslaugungen entstehen; sie können daher auch nicht durch auslaugende Lateralsecretion entstanden sein. Es gilt dies wenigstens für die ältesten und meisten Granitgänge; Uebergänge, die gegen Ende der 1. Periode entstanden, müssen selbstverständlich vorhanden sein.

e) Ausser dem Fehlen der granitischen Gänge in der (2.) 3. und in späteren Perioden, weist auch die innige Verwachsung von Ganggranit und Lagergranit darauf hin, dass beide relativ gleichzeitig (d. h. erst der Lagergranit, dann die Spalten und deren Ausfüllung noch innerhalb der 1. Periode) entstanden sind, und sie müssen auch auf dieselbe Weise entstanden sein, weil zwischen den verschiedenen Sorten Lagergraniten und den verschiedenen Ganggraniten nur Structurunterschiede vorhanden sind.

f) Die Ganggranite enthalten in ihrer Mitte nicht selten Bruchstücke verwandter granitischer Gesteine eingeschlossen; diese müssen also mit dem Ganggranite zugleich von aussen in den Gang hineingebracht worden sein. Die Eruptivtheorie erklärt dies von unterhalb geschehen, was indess wohl nur für spätere, die erkaltete Erdkruste durchbrechende Eruptivgranite passt, während Ganggranite, die doch nach unten zu wohl stets auskeilend geschlossen sind, nach meinen Erklärungen nur Füllung von aussen oberhalb erhalten haben können, wobei, ähnlich wie in Gletscherspalten neben und mit dem Schnee, zugleich obere erstarrte dünnere Krustenstücke hineinfielen. Lateralsecretion des Granits ist also ausgeschlossen, weil Ganggranit von ausserhalb den Gängen mechanisch zugeführt wurde.

Ausserdem ist bisher nur glühendes Entstehen von Granit bewiesen — auch die späteren Eruptivgranite, die bis zur Jurazeit erscheinen, beweisen Glühhitze, denn ohne glühenden Zustand wäre Granit nicht plastisch genug, um eruptiv zu sein; ist er doch zuweilen, genau so wie Basalt, eruptiv gepresst bis in die feinsten Gesteinsspalten eingedrungen — und liegt kein Grund vor, dass Granit auch noch auf andere Weise, bez. bei niederer Temperatur entstanden sei. Glühhitze aber schliesst neptunische Entstehung des Granites aus, zu welcher auch die Lateralsecretion gehört.

Es sind Ganggranite, wie oben unter e schon erwähnt, so innig mit dem Nebengestein zusammengesintert, dass eine Spaltenwand oder getrennte Grenze, wie man sie bei Gangausfüllungen, welche unter abweichenden Temperaturverhältnissen, bez. bei späterem eruptivem Granit oder bei neptunischer Gangausfüllung gut unterscheiden kann, nicht existirt, sondern diese Grenze nur durch etwaige Korngrössen-, Farben- oder Lagerungsunterschiede der zweierlei Granite constatirt werden kann; eine solche Zusammensinterung bedingt aber

wiederum glühenden Zustand und zwar beider Sorten des Granites, des Lager- und Ganggranites.

An gleicher Stelle (Zeitschrift d. deutsch. geolog. Ges. 1882 S. 373—409) und zu gleicher Zeit, als die erwähnte Credner'sche Replik erschien, hat F. Klockmann wichtige Beiträge zur Ganggranitbildung geliefert, ohne dass er auf obige Discussion Kalkowsky-Credner Bezug nehmen konnte; er führt die Gründe für und gegen die eruptive oder die lateralsecretionäre Entstehung an; er kommt zu keiner Entscheidung, was sehr erklärlich ist, da weder die eine noch die andere von ihm behandelte Genesis richtig sein kann. Gegen die eruptiv-vulkanische Bildung — wozu man in weiterem Sinne auch aufsteigende heisse Minerallösungen und sogenannte Sublimation rechnen könnte — wird angeführt, dass die Gänge an vielen Orten als nicht in die Tiefe niedersetzend erkannt sind; sie sind im Gegentheil im Anhalten meist gering, im Streichen sehr variabel, sie durchschwärmen die Gebirgsart, aber durchbrechen sie nicht, wie es eruptive Granitgänge thun. Gegen Eruption spricht ferner, dass irgendwelche störende Einflüsse von Seiten der Ganggranite auf die Lagerungsverhältnisse des Nebengesteines sich nicht nachweisen liessen. Gegen die Lateralsecretion wird namentlich die mancherorts nicht seltene, gleichzeitige Einlagerung massiver granitischer Kugeln im Ganggranit angeführt, die neptunisch unerklärlich ist. Wie schon L. von Buch mittheilte, sieht man diese Granitkugeln — deren Genesis wir bereits S. 28 unter 4) erörterten — im Riesengebirge „aus der Grundmasse als völlig abgerundete Kugeln hervorsehen, die wie durch Kunst darin befestigt zu sein scheinen; sie sind von 2—3 Zoll bis zu 1—1½ Fuss Durchmesser, wie Kanonenkugeln in durchschossenen Mauern"; sie lassen sich oft leicht herauslösen und liegen manchmal dicht nebeneinander. — Klockmann citirt die Annahme, dass Mikroklinfeldspath sich neptunisch in Quarz und Kaliglimmer umgesetzt haben könne, aber er führt auch an, dass die mikroskopische Untersuchung ergab, dass Uebergänge zwischen Mikroklin und Kaliglimmer völlig fehlten.

Ist unsere Annahme richtig, dass die Granitspalten noch innerhalb der 1. Periode mit ähnlichem Material von oben herab erfüllt wurden, so müssen auch gasogene Niederschläge manchmal direct hineingefallen und also in den Spalten geschichtete, sedimentäre Ablagerungen gebildet haben. Auch für solche Fälle ergeben sich aus Klockmann's Angaben Anhaltepunkte; er nennt solche Ablagerungen die verbreitet sind und mancherorts die rein massige Structur überwiegen, symetrisch lagenförmige Structur; sogar die accessorischen Mineralien, die sich gegen Ende der 1. Periode reichlicher bildeten, kommen derart lagenartig in Granitgängen vor. Das lässt sich nun gar nicht durch Lateralsecretion oder Eruption entstanden erklären. Auch haben sich gegen Ende der Periode, worauf,

wir noch nachfolgend unter 9) specieller zurückkommen, bei ruhiger gewordenen gasogenen Processen grössere Krystalle gebildet; auch diese sind in den Gangspalten, deren viele ja erst spät in der 1. Periode entstanden sein müssen, eine häufige Erscheinung; namentlich sind die Pegmatite oder „Riesengranite" welche man schon früher als „jüngere Granite" auffasste und nachwies, nach Klockmann in den Ganggraniten oft vertreten. Die letzten Ausfüllungen der Granitgänge sind geringerem Druck unterworfen gewesen und deshalb sind sie auch mit kleinen Hohlräumen versehen, deren Wände sich eher oder später mit Krystalldrusen besetzten.

Uebrigens sind trotz der innigen Verwachsung (bez. Zusammensinterung) von Ganggranit und Lagergranit die Grenzen zwischen beiden oft recht scharf ausgeprägt, was bei neptunischer Lateralsecretion ebenfalls nicht erklärlich wäre. Noch manche andere Thatsachen lassen sich gegen die granitische Lateralsecretion anführen, z B. das nicht seltene Zerbrochensein der pegmatitischen Mineralbestandtheile, ihre isolirte Krystallbildung ohne Grundmasse und Aufwachsungsstelle, was wenigstens für die meisten Krystalle gilt, das Ineinandergeschobensein derselben etc. etc.; doch wir wollen die Geduld des Lesers nicht länger in Anspruch nehmen. Wir haben diesen Gegenstand nur eingehender behandelt, weil die granitische Lateralsecretion als der einzige und letzte Stützpunkt für die neptunische Entstehung des Granites gelten dürfte. Schon Naumann bezeichnete die Granitgänge „als Nachgeburten derselben Granitformation, in deren Bereich sie vorkommen"; G. Rose, Gümbel, Kjerulf characterisirten die Granitgänge als Injectionen granitischen Materiales in die Spalten des oberen, bereits erstarrten Gesteins; über die Art der nachträglichen Injection giebt, da eruptive und neptunische Erklärungen nicht stichhaltig sind, erst die Annahme gasogener Krystallniederschläge Aufschluss.

Ich meine, durch die einfache klare Annahme gasogener glühendfester Niederschläge erklären sich die geogenetischen Fragen so leicht und harmonisch, dass die bisherigen recht widerspruchsvollen und leicht widerlegbaren Hypothesen über die Entstehung der Urgesteine nur noch historischen Werth haben. Vor kurzer Zeit hat Th. Moldenhauer in seinem Buch „Das Weltall und seine Entwickelung" die Hypothese glühendfester gasogener Niederschläge weiter ausgebildet; leider in mehr als phantasievoller Weise und mit zu wenig Rücksicht auf andere physikalische und biologische geogenetische Thatsachen und Gesetzmässigkeiten.

8) Allenfalls ein fester Körper mit relativ geringer flüssiger Beimischung oder Oberflächenschicht kann rotiren, z. B. die Erde mit $^1/_{854}$ (2646 : 3,1 Millionen Cubikmeilen) oberflächlichem und vielleicht ebenso viel eingedrungenem

Wasser dem Cubikinhalt nach, und nur $^1/_{5000}$ bez. $^2/_{5000}$ dem Gewicht nach. Ein völlig flüssiger Planet ist, wie schon in der vorstehenden 3. Bemerkung S. 26 gezeigt, eine physikalische Unmöglichkeit; noch unbegründeter und einem anderen Experiment widersprechend ist die Rotation einer aus ungleichschweren Flüssigkeiten bestehenden Kugel, deren bestrittene Möglichkeit sich Manche, ohne dafür einen physikalischen Beweis zu haben, einbilden. Ungleichschwere Fluida können nur innerhalb eines festen Gefässes, z. B. einer geschlossenen Glasröhre beim Experiment, rotiren und dabei werden sie in umgekehrter Reihenfolge ihrer Schwere abgeschleudert, d. h. die schwersten Fluida am weitesten. Ein Planet mit flüssigem und noch dazu schwererem Inneren müsste vom Anbeginn an eine äusserst feste Kruste gehabt haben, die den Anprall des beim Rotiren centrifugalen schwereren flüssigen Inneren hätte aushalten können; aber die Kruste soll ja erst durch spätere Abkühlung entstanden sein. Man sieht, die Hypothese vom flüssigen Planetenkern führt zu unlösbaren Widersprüchen und stützt sich auf kein Experiment.

Die Erde besteht aber im Inneren aus schwereren Substanzen, da das gesammte specifische Gewicht der Erde etwas mehr als doppelt so gross als das der Erdkruste ist; das Erdinnere muss daher von jeher in der Hauptmasse fest gewesen sein. Auch die äusserst geringe Abplattung der Erde, nämlich an jedem Pol nur $^1/_6$% der Erdaxe beweist, dass die rotirende Erde auch in ihrer vollen Glühperiode in der Hauptmasse fest war; selbst ziemlich feste Kugeln erhalten bei dauernder starker Rotation eine geringe Abplattung an den Polen; ausserdem erklärt sich diese geringfügige Abplattung der Erdpole (22,200 bis 9300 m), welche vielleicht geringer ist als die Differenz (17063 m) zwischen höchsten Bergen (8840 m) und grössten Meerestiefen (8223 m neuerdings bei St. Thomas gemessen), schon dadurch, dass die Abkühlung der Erde an den Polen wegen der halbjährlichen Nächte viel eher und stetig mehr stattfand, als in den anderen Erdzonen. Neuerdings bestreitet man sogar die polare Abplattung und meint, die Erde sei ein „Geoid," eine runzelige Kugel mit unregelmässigen Erhöhungen, Vertiefungen und Abplattungen.

Die Annahme, dass die Erde durchaus nur aus festen Substanzen ähnlich denen der Erdkruste bestehe und nur vielleicht zu $^1/_4$—$^1/_3$ im Inneren mit Metallen (die übrigens wie z. B. Platin auch nicht alle flüssig zu sein brauchen) erfüllt sei, ist gerechtfertigter als jede andere; auch braucht man bei dieser Annahme keine besondere, aber trotz der bis 30000 m erschlossenen Urgesteinsschichten völlig unbekannte primitive, als schlackig angenommene feste Erdkruste, auf der sich, wie andere Hypothesen es verlangen, die sedimentären Niederschläge der bekannten Erdkruste abgelagert haben sollten. Eine solche hypothetische primitive

Erdkruste, wie sie die Neptunisten bedürfen, muss schon deshalb negirt werden, weil die älteren Eruptionen, welche manchmal von ungemeinem Umfang waren, gar nicht schlackig sind.

Es beweist eine progressive Wärmezunahme in der Erdkruste nach Innen zu nicht, dass diese Progression auch über eine gewisse Grenze, z. B. Rothgluth, stattfinden müsse; Andere glauben zwar das Gegentheil, aber auf diesen Irrthum wesentlich stützt sich die falsche Hypothese vom feuerflüssigen Erdinneren.

9) Der Graphit ist wahrscheinlich als letztes gasogenes Product der 1. Periode durch theilweise Desoxydation der überschüssigen Kohlensäure oder durch bei Glühhitze und Druck theilweise stattfindende Reduction von Kohlenhydraten entstanden, die ja auch aus der 1. Periode bekannt sind. Findet sich doch in den grossen Bergkrystallen und Morionen des Urgebirges, die jedenfalls erst in der letzten Zeit der 1. Periode, als die gasogene Bildung der Urgesteinsmineralien eine langsamere, ruhige geworden war, auf Spalten der Urgesteine entstanden, flüssige Kohlensäure am meisten, zuweilen neben festen oder flüssigen Kohlenhydraten und in den schwarzen Bergkrystallen, den Morionen, kommen auch Kohlenhydrate neben Graphit und stickstoffhaltigen Substanzen vor. Ich selbst besitze einen Urquarz (kleiner ringsum ausgebildeter Bergkrystall von Zinnwald, der in einem Einschluss neben der Libelle und flüssiger Kohlensäure einen aufschwimmenden Graphitkrystall enthält (ein schwarzes, undurchsichtiges sechsseitiges Blättchen, das sich beim Umdrehen des Quarzkrystalles stets innerhalb der schweren Flüssigkeit, der flüssigen Kohlensäure, nach oben bewegt). Das Nebeneinandervorkommen von flüssiger Kohlensäure und Graphit ist somit zweifellos. — Auch der Diamant, welcher ja zuweilen mit Graphit versetzt ist, namentlich im sogenannten brasilianischen Carbonat, und sich ebenfalls als zusammengeschwemmter Bestandtheil in Gesteinen der 2. Periode (im Itakoluminit) findet, dürfte wie Graphit ein ähnliches, vielleicht nur langsamer entstandenes Zersetzungsproduct von gasförmigen Kohlenstoffverbindungen sein; er kann nur gegen Ende der ersten Periode entstanden sein, da er bekanntlich in den Urgesteinen selbst fehlt; Diamanten sind künstlich von Hannay unter starkem Druck, Rothglühhitze bei Anwesenheit von Stickstoff aus Kohlenstoffverbindungen dargestellt worden; alles Bedingungen, die gegen Ende der 1. Periode existirten. Auch die anderen kostbaren Edelsteine, die sich entweder nicht oder selten (allenfalls Zirkon im Urkalk ausgenommen) in den Urgesteinen finden und in den später zusammengeschwemmten Gesteinen erst mehr erscheinen, können erst am Schluss der 1. Periode vorzugsweise entstanden sein, wofür auch die manchmal sehr grosse Ausbildung ihrer Krystalle spricht; zudem enthalten sie meist flüssige Kohlensäure (Korund,

Spinell, Chrysoberyll) und ihre künstliche Darstellung, soweit sie bis jetzt gelungen ist, gelang nur unter Glühhitze und grossem Druck. Nicht blos vom Bergkrystall sind Riesenexemplare bis 26 Fuss Umfang bekannt, sondern auch von Korund bis 300 Centner schwere Exemplare und von Beryll, der chemisch identisch mit Smaragd ist, sind bis 30 Centner schwere Krystalle bekannt. Wie auf glühendem Eisen ein Wassertropfen nicht direct aufliegt, sondern dazwischen eine gepresste heisse Luftschicht existirt, so muss auch damals auf der rothglühenden Erdkugel gegen Schluss der 1. Periode lange Zeit die wasserbeladene 400—500fach lastende Atmosphäre durch eine Zwischenschicht, in der sich hauptsächlich die schwereren Gase (Kohlensäure und Reste der chemischen Wolken) befanden, getrennt gewesen sein.

Secundärzeit oder thermohydrate Periode. (Syn. krystallinische oder Ur-Schieferformation z. Th.; Glimmerschieferformation; Huron.) $\pm$ 300—130° C. Nachdem sich die Erdkruste soweit abgekühlt hatte, dass der Regen darauf haftete, entstanden durch Zusammenschwemmen und Cementirung der noch nicht zusammengesinterten obenaufliegenden, losen Krystallschichten der vorigen Periode vermittelst überhitzten Wassers die ältesten Schiefergesteine; diese sind daher viel mannigfaltiger gemischt, als die Urgesteine und enthalten hydromechanische und hydrochemische Producte.

Die Organismen fehlten noch absolut und konnten auch bei dieser Hitze nicht existiren. Da die Mineralien der 1. Periode chemisch und durch Erosion relativ wenig zersetzt wurden und freies Salz fehlte, entstanden salzfreie älteste Meere (d. h. etwa so salzfrei als unsere Süsswasser). Die atmosphärisch häufigere Kohlensäure ward durch den Regen niedergeschlagen und veranlasste theilweise Lösung des Urkalkes, so dass relativ kalkreiche Meere entstanden.

Tertiärzeit oder kryptobiotische Periode. (Syn. krystallinische oder Ur-Schieferformation z. Th.; Urthonschiefer- oder Phyllitformation; unterstes Cambrium; azoische Thonschiefer-Etage.) $\pm$ 130—40° C. Entstehung der ersten Organismen, welche, wie jetzt noch die einfachsten Organismen,

schleimig oder allenfalls nur mit zarten festeren Bestandtheilen versehen, petrefactionsunfähig*) sind. Die Zerreibungsproducte früherer Gesteine wurden häufiger und feiner, sie sind meist mikrokrystallinisch und wurden vom heissen Wasser zu thonähnlichen Schiefern cementirt. Landeserhebungen über Meere sind in dieser Periode am wenigsten vorhanden und daher ist die Mächtigkeit der Sedimente relativ zur Zeitdauer ihrer Bildung eine geringe.

Phaenobiotische Periodengruppen. Differenzirung früherer Organismen zu petrefactionsfähigen und höher entwickelten Pflanzen und Thieren. Neue Gesteine entstehen wesentlich nur durch Zerreibung und Zersetzung der älteren Gesteine, meist nur durch nicht heisses Wasser. Die vulkanischen Erscheinungen werden um so mehr erschwert, sparsam, schlackenporig und glashaltig, je mehr die Erdkruste durch Abkühlung fester wird; sie sind hauptsächlich durch ins heisse Erdinnere

---

*) Zu den ersten Organismen gehört jedoch Eozoon = Eophyllum nicht, denn dies ist eine mechanische Bildung; vergl. meine Erörterungen hierüber in der Zeitschrift Ausland 1879, S. 684—686, 872—874.

Es ist wahrscheinlich, dass die zartesten Skelette, bez. Schalen, z. B. der Rhizopoden und ältesten Brachyopoden, durch die warmen, bez. relativ kohlensäurereichen Gewässer jener Zeit schnell wieder nach dem Absterben derselben aufgelöst wurden, besonders wenn sie abgestorben in die Meerestiefen, wo grosser Druck herrscht, versanken. Jedenfalls muss diese petrefactenfreie Zwischenperiode postulirt werden, da sonst die Thiere bereits relativ hoch entwickelt (z. B. Brachyopoden) zum ersten Male fossil auftreten würden; die schleimigen Organismen sind eben nicht petrefactionsfähig, und eine Reconstruction vorweltlicher Zustände lediglich aus Fossilien führt zu falschen Folgerungen.

Die Ausdrücke kryptobiotisch und phänobiotisch bedürfen wohl keiner besondereren Erläuterungen; in der kryptobiotischen Periode sind und bleiben uns die Lebewesen (Bioten) verborgen (kryptisch), in der phänobiotischen werden sie uns, als Fossilien wenigstens, sichtbar, zum Phaenomen. Kryptobiotische und phänobiotische Perioden zusammen kann man kurz als biotische Perioden bezeichnen.

eindringendes Wasser bedingt, wo es je nach dem Widerstande der Erdkruste mehr Spannung erhält, sich chemisch zersetzt und chemisch wieder unter Knallgashitze verbindet, so dass die Gesteine im Erdinnern local mehr oder minder schmelzen und nach stärkerer Abkühlung der Erdkruste in späteren Perioden erst glasreich werden*); die Entstehung von Glasflüssen wird ausserdem durch den steigenden Meeressalzgehalt insofern begünstigt, als ins Erdinnere mit dem Meereswasser eindringendes Salz als Schmelzflussmittel dient.

Neben glashaltigen Eruptivgesteinen tritt zuweilen bis zur Jurazeit Eruptivgranit auf, welcher wahrscheinlich gelegentlich seltener grosser Brüche und damit verbundenen Sinkens von Theilen der Erdkruste aus dem heissen Erdinneren unverändert hervorgepresst wurde.

A) **Azonal-marine Periodengruppen.** (Syn. Paläozoische Formationen.) Allenthalben fast gleiche Temperatur mit Seeklima, ohne gemässigte und kalte Zonen; daher fehlten auch Zonenwinde, polar-äquatoriale auf Wärmeaustausch beruhende Meeresströmungen und die Meere waren mit Ausnahme der Brandungszone wenig bewegt. Die Flora und Fauna beschränkten sich anfangs ausschliesslich, später fast

---

*) Wenn etwa die Gesteine nach dem Erdinneren zu progressiv glühender, also geschmolzen wären, so hätten bei den ältesten, zuweilen massenhaften Eruptionen, die ganze Länder überdecken, glasig geschmolzene Gesteine mit emporgehoben werden müssen. Statt dessen treten geschmolzene Gesteine erst in jüngeren Perioden und zwar um so mehr geschmolzen, bez. schlackenartig und in stetig abnehmenden, schliesslich relativ winzigen Eruptionsquantitäten auf, je mehr die Erdkruste abgekühlt ward. Es ist dies ein Beweis, dass die Schmelzung der Gesteine durch eine erst später ins Erdinnere eingeführte, local grössere Hitze erzeugt ward, was nur durch chemisch zersetztes Wasser, bez. Hydrooxygengas und dessen Wiedervereinigung (vielleicht in höheren Schichten der Erdkruste) zu Wasser, wobei Knallgashitze entsteht, erfolgt sein kann; deshalb befinden sich auch alle Vulkane nur in Meeresnähe, während älteste Eruptionen von Wassereinfluss unabhängig waren und einen solchen auch nie zeigen.

nur auf das Meer. Die Meere waren wasserreicher, meist auch tiefer (sind doch aus den folgenden drei Perioden je 5000 bis 7000 m, zusammen etwa 16000 m mächtige marine Sedimentablagerungen bekannt) und die Continente waren infolge dessen auch weniger umfangreich.*) Bei der noch grossen Eigenwärme der Erdkruste waren die anfangs nackten, zuletzt litoral schwach bewachsenen Continente trocken, saugten kein Wasser dauernd auf (deshalb waren auch die Meere wasserreicher), liessen vielmehr das Wasser schnell verdunsten, soweit es nicht die Ravinen (d. h. ausser der Regenzeit trocknen Flüsse) schnell dem Meere nach jedem Regenguss zuführten. Da die Continente nackt waren, trugen die Ravinen dem Meere fast alle klastischen Producte (Zertrümmerungsgesteine, Sand und Thon) zu. Die Atmosphäre war anfangs frei von Kohlensäure, weil die gesammte Kohlensäure sich im Meere befand und zwar vorherrschend als Kalkbicarbonat gelöst, ferner weil es anfangs gar keine, später eine nur sparsame luftlebende, bez. Kohlensäure aushauchende Fauna und weil es keine terrestren, sondern nur submarine Verwesungsproducte gab, deren Kohlensäure im Wasser verblieb. Die Pflanzen konnten nur aus dem Kalkbicarbonat- und Kohlensäure-haltigen Meerwasser ihren Bedarf an Kohlensäure entnehmen und nicht eher das Land besiedeln, bis luftlebende Thiere und sie selbst durch ihr supermarines, bez. zuletzt litorales Wachsthum eine etwas kohlensäurehaltige Atmosphäre geschaffen hatten.**)

Die Meeresversalzung geschah bei fehlender atmosphärischer Kohlensäure und dadurch bedingten kohlensäurehaltigen Grundwässern, bez. fehlender Gesteinsverwitterung, ferner

*) Jedoch ein völliges Fehlen von Inseln, welches Manche sogar noch für die 4. Periode annehmen, ist, wie schon erwähnt, unmöglich, weil sonst keine von Continenten, bez. Inseln zugeschwemmten oder durch die Brandung abradirten marinen Sedimente sich hätten bilden können.

**) Wegen Kohlensäure vergl. Capitel VII.

infolge der fehlenden Landvegetation und der durch ihre Verwesungsproducte (Humussäuren etc.) bedingten Gesteinszersetzung, sowie infolge der gleichmässig feuchtwarmen Atmosphäre, also fehlender subäolischer Gesteinszerreibung (Löss- und Staubbildung), welche in jetzigen trocknen Gebieten (Steppen, Wüsten) Chloride aus den Gesteinen befreit, lediglich nur durch Gesteinszerreibung in bewegten Wässern, also in der Brandungszone und durch die Ravinen, so dass also die Meeresversalzung nur eine geringe und langsame sein konnte, umsomehr als die zuletzt entstandenen, obenaufliegenden Urgesteinsmineralien, die erst jetzt feiner und mehr zerrieben wurden, wesentlich frei von Chloriden waren, bez. noch sind.

Quartärzeit oder algomarine Periode. (Syn. Silur, einschliesslich oberes Cambrium; Grauwackenformation z. Th.; Uebergangsgebirge z. Th.; protozoische Schiefer-Etage C bis Etage H von Barrande.) $\pm$ 40—30^0 C. In den fast salzfreien Meeren, welche gegen Ende der Periode etwa $^1/_4$ $^0/_0$ Salzgehalt erreichten, entwickelte sich eine reiche Flora und Fauna; die Flora bestand nur aus untergetauchten und schwimmenden Algen, bez. Tangen, die infolge des salzarmen Meereswassers noch grün waren. Meeresthiere waren meist wirbellos, die kalkigen häufig und ausser litoralmarin auch hochoceanisch; Fische waren noch selten.

Quintärzeit oder pratomarine Periode. (Syn. Devon; Grauwackenformation z. Th.; Uebergangsgebirge z. Th.; Carbon oder Steinkohlenformation z. Th.) $\pm$ 30—25^0 C. Die schwimmende Meeresflora entwickelte sich mehr wiesenartig, indem manche Tange, welche zum Theil über Meeresniveau erhoben wurden, in der Luft schärfere Contouren und dadurch einen mehr gefässkryptogamenartigen Habitus erhielten; aber nur solche Pflanzen, welche ausserdem eine korkhaltige, vor Austrocknung schützende Epidermis und ein Skelett zur Auf-

rechterhaltung in der Luft, also namentlich Holzstoff erhielten, passten sich dem theilweisen Luftleben an; sie wurden supermarin. Infolge des minderverweslichen Korkstoffes und Holzstoffes waren solche Pflanzen auch zur Kohlenbildung besser befähigt. Fische im Meere wurden häufig und trugen noch einen ausgeprägten Süsswassercharacter; das Meeressalzgehalt steigerte sich bis $\pm$ $^1/_2$ %.

Sextärzeit oder silvomarine Periode. (Syn. Carbon z. Th.; Steinkohlenformation z. Th.; eigentliches oder productives Carbon*) oder Steinkohlenperiode) $\pm$ 25—15° C. Die schwimmende Meeresflora entwickelte sich mehr waldartig (hainartig) über dem brackischen Wasser, dessen Salzgehalt von $\pm$ $^1/_2$ % allmählich bis zu $^3/_4$ % sich steigerte. Zwischen und über dem schwimmenden Rhizomgewirr der kronenlosen oder armkronigen Lepidosigillarien**)-Bäume entwickelten sich die

*) Unter Carbon oder Steinkohlenperiode versteht man meist nur die 6. Periode; neuerdings rechnet man jedoch auch öfters die 5. und 7. Periode dazu, die wir aber als Uebergangsperioden lieber getrennt behandeln.

**) Mit Lepidosigillarien bezeichne ich Lepidodendren und Sigillarien gleichzeitig, da eine Trennung derselben infolge vielerlei Mittelformen nicht möglich ist; vergl. z. B. in Bezug auf das unterscheidende Merkmal der in senkrechten Reihen stehenden Blattnarben die Abbildungen in E. Weiss, Aus der Steinkohlenflora 1881 fig. 1—39, ferner Zittel, Handbuch der Paläontologie II S. 206—210, wo als einziger, aber auch nicht durchgreifender Unterschied das secundäre Dickenwachsthum gilt; ein Unterschied, der noch dazu auf sehr wenigen Untersuchungen beruht. Auch Williamson, Hartog u. A. (Vergl. deren letzte Streitschrift gegen Renault in Annales des sciences XIII 337—352) betrachten Lepidodendron und Sigillaria zu einer kryptogamischen Gruppe gehörig, wogegen französische Forscher der unbegründeten Ansicht sind, dass Sigillarien Gymnospermen seien. Secundäres Dickenwachsthum zeigen auch Kryptogamen, z. B. Isoetes und die baumartige Meeresalge Lessonia mit periodischen Ringabsonderungen im Stengel (vergl. Hooker, Flora antarctica). Ohnehin steht Sigillaria systematisch noch tiefer als Lepidodendron, denn die aufrecht übereinander stehenden Rindennarben sind sonst nur eine algenartige Eigenschaft und die meist völlig fehlende Baumkrone erinnert noch weniger an Gymnospermen.

Farne häufiger; in flachen ruhigen Meeresbuchten wurzelten am seichten Meeresboden baumartige Gefässkryptogamen Casuarinen und Gymnospermen, die ihre Kronen über Wasser erhoben und gegen Ende der Periode zuweilen zu litoralen Landpflanzen wurden, was mit den schwimmenden Lepidosigillarien nicht geschah. Während die Gefässkryptogamen noch hydrophile Befruchtung (mit activen Schwärmsporen, welche im Wasser die weibliche Zelle aufsuchen) haben — auch die Lepidosigillarien hatten abfallende Blüthenstände mit Mikrosporanthen und Makrosporanthen, worauf man auf ihre exoterische Befruchtung im Wasser folgern muss, — und während die sparsam entwickelten Gymnospermen einen unvollkommenen aërophilen Befruchtungsmodus besitzen (passiv vom Wind zugeführte männliche und unbedeckte weibliche Zellen, sowie nöthige Anwesenheit eines Wassertropfen bei der Copulation), entwickelten sich — abgesehen von den Casuarinen-artigen Calamodendreen — ausserdem in der supermarinen Waldflora, wo auch die ersten luftathmenden Thiere entstanden, aus daselbst epiphytischen oder emporgehobenen Tangen krautige, noch tanggestaltige angiospermenartige Pflanzen mit zur Lufttrockenheit besser passenden Befruchtung (passiv zugeführte männliche und gegen Vertrockung geschlossene weibliche Geschlechtskörper mit besonderem Empfängnissorgan, der Narbe, auf welcher der Pollen festgehalten wird und ohne Wasser zu den Geschlechtszellen dringt) und zwar einerseits echte Angiospermen, mit Früchten, die ein längeres Austrocknen vertragen, also Dicotylen und Monocotylen, welche später das Land besiedelten und andrerseits Florideen mit zarteren Früchten (Carposporen), aber ebenfalls mit angiospermenartiger Befruchtung, die, als sie später ins salziger gewordene Meer zurückkehrten, eine abweichende Färbung erhielten. — Aus den sich am Meeresgrund ablagernden Resten der üppigen Meeresflora bildeten sich, soweit gleichzeitige

oder nachträgliche Thonüberlagerungen ihre Verwesung verlangsamten oder hemmten, paralische Kohlenschichten, während dort (namentlich in der Tiefsee), wohin keine Thonsedimente gelangten, durch ungehinderte schnelle Verwesung der Pflanzenreste fast keine Kohlen erhalten blieben. Wo langsame Verwesung stattfand und die dabei entstehende Kohlensäure infolge der Thonschicht wenig und nur langsam entweichen konnte, wurden die aus Kalkbicarbonat sich ausscheidenden Sedimente und die Kalkthierreste meist aufgelöst und verschwanden; wo aber infolge fehlender Thonüberlagerung schnelle Verwesung der Pflanzenreste und ungehinderte Entweichung der Kohlensäure stattfand, verschwanden die Pflanzenreste und blieben die Kalksedimente und Kalkthierreste erhalten; Kohlenkalk ohne oder mit wenig Kohle als hochoceanische Facies und productive Kohlenfelder mit Thonschichten mit wenig Kalk und Thierresten als marine Strandnähefacies sind daher gleichzeitige, nur localverschiedene Bildungen, die stellenweise in einander übergehen. Dicht bei der Brandungszone und dicht vor den Flussmündungen, wo sich gröbere Sande und Geröll ablagerten, bildete sich die dritte Facies, der Culm oder flötzleere Kohlensandstein mit entweder gar keinen oder sehr unregelmässigen Kohlenlagern. — Durch die kohlensäureaushauchende supermarine Flora entwickelte sich kohlensäurehaltige Luft, wonach sich erst eine terrestre Flora entwickeln konnte.

Septimärzeit oder marinlitorale Periode. (Syn. Dyas; Perm; Rothliegendes; Zechsteinformation; Carbon z. Th.) $\pm$ 15—20^0. Die Litoralflora (wesentlich Coniferen, Cycadeen, Farne) entwickelte sich mehr,*) während durch den steigenden Salzgehalt ($^3/_4$—1 $^1/_4$ %) die schwimmende silvomarine

*) Das Innere der Continente dürften — vielleicht schon gegen Ende der vorigen Periode — vereinzelte Cacteen-artige Angiospermen besiedelt haben, die an sich in allen Theilen, kaum petrefactionsfähig sind — indess sind manche carbonische Fossilien früher schon als cacteenartig angesehen worden — und

Flora allmählich ausstarb, soweit sie sich nicht vorher auf kleinere salzärmere Binnenmeere und Lagunen zurückzog.

andrerseits die gestaltlich einfachsten, sozusagen tangähnlichen Landpflanzen sind; die Cacteen wachsen auf dem sterilsten Boden, können in der Regel sogar keine nebenbei wachsende dichte Vegetation ertragen und haben die relativ kleinsten Wurzeln; sie haben, wie viele Farne, die wenigsten Spaltöffnungen in der Epidermis, wodurch sie weniger der Austrocknung unterworfen sind. Es giebt übrigens in mehreren Familien cactusartige primitive Arten. Cacteen sind auch epiphytisch und könnten daher im silvomarinen Wald entstanden sein. Die Anwesenheit von Angiospermen in der silvomarinen Flora ist aus mehreren Gründen wahrscheinlich; zunächst haben die Florideen einen ähnlichen oder gleichen Befruchtungsmodus und können sich nur supermarin derart ausgebildet haben; dann giebt es eine ausserordentliche Menge carbonischer Früchte, zu denen man keinerlei Stammpflanzen kennt und von denen viele recht gut als angiosperm angesehen werden dürfen. Nun sind aber in der Regel die heutigen submersen Angiospermen mit Ausnahme vieler Früchte nicht petrefactionsfähig. Warum sollten also solche wasserliebende Angiospermen nicht schon carbonisch existirt haben? Ausserdem haben Calamodendron und Arthropytis, welche den dicotylen Casuarinen nächstverwandt sind, wie letztere einen (auch bei Tangen vorkommenden) Equisetum-artigen Habitus besitzen und in Gesellschaft von Samen, welche man für Casuarinen-Samen halten darf (Samaropsis), gefunden worden sind, eine dicotylenartige Stammstructur, wie es auch Schenk in F. v. Richthofen's China 4. Band, bestätigt; ausserdem hat Calamodendron allem Anschein nach, wie Zittel angiebt, centrifugales Wachsthum wie die Dicotylen und Grand'Eury hält deren regelrecht verzweigte Pfahlwurzeln für dicotyl. Ferner sind von Corda carbonische Palmacitesholzreste beschrieben worden, die Unger zu Fasciculites stellte und Schimper bei den Palmen aufführt, welche zwar von manchen deutschen Forschern, die durchaus keine Monocotylen aus dem Carbon anerkennen wollen, als Luftwurzelgeflechte von Farnbäumen gedeutet wurden, aber ebensogut im silvomarinen Wald kletternde Palmen gewesen sein können; auch palmenartige Früchte finden sich im Carbon, sowie Blätter, die man bald zu den Palmen, bald zu den Cycadeen gestellt hat (Pycnophyllum, Flabellaria borassifolia etc.). Zweifelhafter sind schon die als Cyperites, Graminites aus dem Carbon beschriebenen Monocotylen — Graminites Feistmanteli Geinitz ist weder zweizeilig noch halmknotig, sondern ein Coniferen-Ästchen — umsomehr als diese rein krautigen Pflanzen viel weniger petrefactionsfähig sind, als z. B. die meisten Farne und Holzgewächse.

Die Kohlenfelderablagerung ward dadurch relativ sparsam und beschränkt. Infolge steigender Meeresversalzung und Verschwinden der silvomarinen Flora ward auch die Meeresfauna ärmer; sie verlor bezüglich der kalkigen Thiere den schwimmend hochoceanischen Character beträchtlich und veränderte sich vielfach. Die Amphibien entwickelten sich mehr. Die Durchschnittstemperatur ist für lange Zeit die gleiche geblieben und dann gestiegen, da mit Abnahme der silvomarinen Flora und überhaupt der üppigen Flora sich die bisher gleichmässigere Bewölkung änderte und die Abkühlung der Erde sich nun durch erhöhte Insolation beglich, bez. von der Insolation übertroffen wurde; mindestens traten grössere Temperaturschwankungen ein. Gegen Ende der vorigen und in dieser Periode ward indess die Erdkruste bereits soweit abgekühlt, dass sie allmählich mehr Regenwasser absorbirte und die Meere auch durch Wasserverlust salzreicher wurden.

Es wird die Petrefactionsfähigkeit von Manchen viel zu wenig berücksichtigt; das Fehlen von leicht petrefactionsfähigen Pflanzentheilen beweist deren Nichtexistenz in derselben Periode. Dagegen können leicht verwesliche Pflanzen wie z. B. Algen und Orchideen in älteren Perioden existirt haben, soweit dies sonst zur Entwickelungsgeschichte passt, trotzdem fossile Reste fast fehlen. Wenn z. B. englische Gelehrte die Frage ernsthaft discutiren, ob zur Steinkohlenperiode schon Blüthenpflanzen existirten, so lässt sich eine solche Annahme keineswegs durch den Mangel von fossilen Resten widerlegen. Im Gegentheil müssen wir sogar von den vorherrschend tropischen und epiphytischen Orchideen, weil sie die complicirtesten und mannigfaltigsten Blüthen und die grössten Differenzen im Habitus unter allen Pflanzenfamilien besitzen, ferner weil sie zu den artenreichsten Familien gehören, annehmen, dass sie ein ungemein hohes Alter besitzen und trotzdem ist bis jetzt kein einziger fossiler Rest von Orchideen gefunden worden; es darf uns dies bei diesen auf feuchtem Boden oder epiphytisch im feuchtwarmen Wald wachsenden Pflanzen nicht Wunder nehmen. Theoretisch liesse sich z. B. kaum etwas gegen die Annahme einwenden, dass die Orchideen, von denen es auch welche mit sehr einfachem Blüthenbau giebt, bereits epiphytisch im schwimmenden Steinkohlenwald existirt haben, und der Einwand, dass fossile Reste von Orchideen fehlen, ist nicht stichhaltig.

B. Zonalterrestrische Periodengruppen. (Syn. Mesozoische und kaenozoische Formationen) Klimatische Zonen und Continentalklima entstanden infolge grösserer Erdkrustenabkühlung, woraus einerseits unruhigere Meeresoberfläche und mehr Winde, andrerseits auch Regenwasseraufsaugung der Erdkruste, Meereswasserverminderung und vermehrte Continentbildung resultirten. Die Flora und Fauna ward auf dem Lande entwickelter und allmählich häufiger; im Ocean dagegen, also von flachen Binnenmeeren und der Strandfacies abgesehen, starb die Flora allmählich fast aus und die marine Fauna veränderte sich, soweit sie nicht ausstarb, (was aber namentlich auch mit der oceanisch schwimmenden grösseren Kalkthierfauna der Fall war), infolge ungünstigerer Bedingungen vielfach; es sind dies steigender Salzgehalt, abnehmender Kalkbicarbonatgehalt, durch die klimatische Zonenbildung bedingte unruhiger werdende Meeresoberfläche, kälter Meeresgrund und fehlende Pflanzennahrung im hohen Ocean. Der Salzgehalt der Meere stieg in erhöhtem Maasse, nicht nur wegen der grösseren Erdkrustenabkühlung und daraus folgender Meereswasserabnahme, also Salzlaugenconcentration, sondern auch weil mit den grösser werdenden Continenten auch mehr Meeressedimente über Wasser erhoben wurden, welche also nun erst — von reinem Thon abstrahirt — vollkommener zersetzt werden konnten und zwar hauptsächlich durch die jetzt erst vermittelst Landpflanzen und Humus eintretende chemische Zersetzung, deren eines Product, das Chlornatrium, stets dem Meere zugeführt wird. Es treten noch mehrere Factoren hinzu, um die Meeresversalzung zu beschleunigen: auf den grösser werdenden Continenten mit anfangs steppenartigem, trocknem Klima wurden, wie jetzt in den Steppen, durch häufigere subäolische Gesteinszerreibung (Staubbildung) die in den Gesteinen eingeschlossenen Chloride leichter und mehr befreit, bez. aufgeschlossen. Mit der Ent-

wickelung der terrestren Flora und der terrestren Verwesungsproducte, sowie der luftlebenden Fauna, entwickelte sich auch der Kohlensäuregehalt in der Atmosphäre mehr und ermöglichte erst ein besseres Gedeihen der Landflora. Mit der Kohlensäure-Ansammlung in der Atmosphäre wurden aber auch erst die Regen-, Quell- und Grundwässer kohlensäurehaltig und es fand durch kohlensäurehaltige Gewässer eine vermehrte Verwitterung und chemische Auflösung der Gesteine statt, die zwar minimal aber dauernd wirkte und die Meeresversalzung förderte. Auch verblieben infolge der Continentalbewachsung und der daraus resultirenden ruhigeren constanten Flüsse die neuentstehenden klastischen Producte jetzt vorzugsweise auf den Continenten, vermehrten also die der Zersetzung durch Humussäure und Kohlensäure ausgesetzten Mengen klastischer Gesteine. Der Gehalt der Meere an gelöstem Kalkbicarbonat nahm progressiv ab, jemehr sich die Continente mit Pflanzen bedeckten, sodass heute nur noch Spuren von Kalkbicarbonat dem Meere zugeführt werden.

Octavärzeit oder dizonal-litorale Periode. (Syn. Mesozoische Formation. Trias, Jura, Kreide.) Steigende Temperaturdifferenzen: subtropische breite Polarzonen (bis etwa zu den 45. Breitegraden) mit ± 20 bis 5° C. und eine tropische Mittelzone mit ± 20 bis 30° C.; kalte Zonen fehlten. Das Innere der Continente wahrscheinlich wüsten- und steppenartig mit entsprechendem Klima (0—40°). Meeressalzgehalt von ± $1\frac{1}{4}$ bis 2% steigend. Die Vegetation entwickelte sich mehr längs der Küste und an Binnenseen; Coniferen, Cycadeen wurden häufiger; Monocotylen und Dicotylen entwickelten sich mehr, erstere mehr in Sümpfen, letztere wahrscheinlich mehr in Steppen und auf Bergen. Amphibien, Saurier, Cephalopoden wurden häufig; Vögel und Säugethiere entstanden.

Nonärzeit oder dizonal-continentale Periode. (Syn.

Tertiär: Eocän bis Pliocän.) Die breiten Polarzonen kühlten sich mehr ab und erhielten gemässigtes Klima (± 15—0° C.), die mittlere Zone blieb tropisch. Meeressalzgehalt ± 2 bis 3 %; die marinlitoralen kalkbedürftigen Seethiere wurden quantitav seltener. Säugethiere entwickelten sich mehr.*) Die

*) Mindestens gegen Ende der Periode entstand auch der Mensch. Die vereinzelten nonären Funde von Menschenresten beweisen dies sowohl, als auch das schon vor europäischer Entdeckung von Amerika allverbreitete Vorkommen einiger tropischen eingeführten Culturpflanzen in Amerika; dies gilt besonders für die Banane (Musa), welche als Culturpflanze schnell samenlos wird, nur tropisch heisses Klima verträgt und in Amerika nirgends verwildert noch wild gefunden worden ist. Ueberhaupt fehlen wilde Musa-Arten in Amerika vollständig, während sie in Südasien und Afrika, wo auch wegen des Vorkommens der nächstverwandten Affen nur die Wiege des Menschengeschlechtes gestanden haben kann, einheimisch und samentragend sind. Wie ich im „Ausland" 1878 S. 197, 198. („Pflanzen als Beweis der Einwanderung der Amerikaner aus Asien in präglacialer Zeit") zeigte, darf nur auf eine culturelle Einführung der samenlosen, krautigen, knollenlosen Banane, dieser wichstigsten tropischen Nährpflanze, über Kamtschatka, als dieses noch tropisch heiss war, gefolgert werden.

Die ersten Menschen sind schwarzhäutige gewesen, wie aus dem Umstande hervorgeht, dass von allen grösseren Rassen zum mindestens noch Reste schwarzer Autochthonen existiren; auch die Vorfahren des Rassengemisches, welches man als Europäer oder Kaukasier bezeichnet und von den Ariern ableitet, waren ursprünglich schwarz; wenigstens giebt es in Indien, besonders an der Malabarküste, noch viel schwarze Eingeborene die allmählich einerseits in bleichfarbige Hindu, andererseits in die Dravidas übergehen und nicht selten schönere und edlere Gesichtszüge besitzen als wir.

Da nun nach Amerika in prähistorischer Zeit keine schwarzen Menschen eingewandert sind und der Entfärbungsprocess der asiatischen Rassen, die in der 9. Periode schon eingewandert waren, auch eine lange Zeit vor der Einwanderung erforderte, so ist nicht ausgeschlossen, dass die Entstehung des Menschengeschlechtes in eine mittlere Zeit der 9. Periode fällt; die petrefactischen Funde sprechen weder hierfür noch hiergegen, da gerade dasjenige Gebiet, wo die Menschen entstanden sein können, noch ohne bekannte menschliche Petrefacten aus jener Periode ist, während in Amerika selbst nonäre menschliche Funde erwiesen sind, die also nur von asiatischen Einwanderern abstammen

Continente besiedelten sich immer mehr mit Angiospermen, namentlich die Dicotylen entwickelten sich üppiger; die Gymnospermen besonders die Coniferen wichen mehr in die gemässigte Zone zurück. Die Verschiebungen in der Erdkruste,*) höher steigende Continente, hohe Gebirgsbildung, öfterer Wechsel von Meer und Land, erreichten jetzt ihr Maximum. Dauernd kühlere Polar- und Bergeszonen,**) wie sie gegen

---

können. Auch von den Mongolen giebt es noch vielfache kleine Reste schwarzer Aboriginer in Asien, während in den reinen Einwanderungsgebieten Amerika und Europa solche sporadische Stämme schwarzer Ureinwohner völlig fehlen.

*) Dies erklärt sich wohl nur dadurch, dass die Erdkruste damals so weit abgekühlt, bez. so fest und so dick erstarrt war, dass etwaiges ins heisse Erdinnere stellenweise eingedrungene Wasser noch weniger leicht als bisher wieder daraus befreit wurde und daher, dort mehr chemisch zersetzt, stellenweise mehr vulkanische Erscheinungen und tectonische Störungen veranlasste; während gegen Ende und nach dem Nonär mit Eintritt der Kälte, wodurch namentlich auch der tiefe Meeresgrund eiskalt wurde und in weiterer Folge davon die Erdkruste noch viel mehr und tiefer erstarrte, die Erdkruste in grösserer Mächtigkeit so starr wurde, dass sie nunmehr Wasser nur noch wenig ins Erdinnere durchliess und sie auch mehr gegen grössere tectonische Störungen widerstandsfähig ward.

**) Die grösste Variabilität innerhalb der Pflanzengattungen zeigt sich da, wo sich die klimatischen Extreme nahe berühren, wo also hohe Gebirge in der tropischen Zone liegen, so z. B. im Himalayagebirge, das zwar jetzt nicht mehr in der heissen Zone liegt, aber infolge der anprallenden tropischen feuchten Meereswinde in den tiefen Thälern und an seinem Fuss eine tropische Vegetation besitzt. Dort können die Samen durch Vögel, Pelzthiere oder Winde schnell aus der heissen in die kalte Region gebracht werden, wo sie folgenden anderen Lebensbedingungen unterworfen sind: 1) Kälte während der Nächte und Wintermonate, eventuell Schneebedeckung, die nur zwergige Pflanzen, welche sie bedeckt, vor dem Erfrieren schützt; 2) intensive Besonnung (Insolation), welche hauptsächlich grössere und lebhafter gefärbte Blumen, sowie zuweilen Laubvergrösserung verursacht; 3) nackte Felsen mit Gesteinsschutt und wenig Erde, also andere Substratverhältnisse, wo sich die Wurzeleigenschaften hauptsächlich verändern; 4) beschränkte Jahresvegetationszeit, wodurch sich die Blüthezeit und Fruchtzeit verändert und aus immergrünen Pflanzen meist perio-

Ende der Periode sich mehr herausbildeten, sowie emporgehobene Meeresboden, wo sich Pflanzen ansiedeln, boten

disch laubabwerfende werden; 5) scharfe Windwirkungen auf nackten Bergen, welche ebenfalls verzwergte Pflanzen, auch ohne Kältemitwirkung, sowie veränderte Behaarung und Epidermis der Blätter verursachen.

Es entstehen dadurch eine Menge Verkümmerungsformen, die sich oft zu neuen Arten (sogenannten Alpinen) ausbilden. Abwärts werden die Samen der Alpinen ausser durch Thiere und Wind insbesondere noch durch die reissenden Gebirgswässer transportirt, wodurch neue Variation durch anderes Klima, ununterbrochene Vegetationszeit, feuchtnasses, sandigerdiges Substrat längs der Bergflussbetten, schattige Stationen im tropischen Wald mit geringster Insolation und stärkstem Windschutz veranlasst wird. Ausserdem ist nicht zu vergessen, dass auch in den mittleren Stationen mit anderen Lebensbedingungen und durch die leichte, wiederholte Auf- und Abwanderung die Mannigfaltigkeit der Pflanzenvariationen ungemein gefördert wird.

Ueber solche auf Wanderungen durch klimatischen Zonen beruhende Veränderungen habe ich in meiner Monographie der einfachblättrigen und krautigen Brombeeren (Methodik der Speciesbeschreibung und Rubus, Leipzig 1879) einige wichtige Resultate veröffentlicht, die auszugsweise auch in den Mittheilungen des Vereins für Erdkunde zu Leipzig 1879, S. 1—19 mitgetheilt sind. Dass aus Kräutern in den Tropen gern Stauden und Holzgewächse werden, ist bekannt; die Rubi neoxyloides können, wie ich nachwies, nur aus alpinen, bez. polaren krautigen Brombeeren entstanden sein. Es ändern sich aber nicht nur die specifischen Eigenschaften durch solche Wanderungen, sondern es werden auch dadurch Veränderungen in den Früchten und Blüthen veranlasst, z. B. die Beeren werden saftlos, die Blüthen verkümmern und ihre einzelnen Theile ordnen sich zuweilen infolge der Verkümmerung anders an, wodurch neue Gattungen und Familien entstehen, die sich auch bei Einwanderung der Alpinen ins warme Klima erhalten. Dafür liessen sich Beispiele mit grosser Wahrscheinlichkeit aus den verschiedensten Gattungen und Familien anführen, was ich mir für spätere Monographieen vorbehalten will. Ja, es giebt Pflanzen, bei denen sich die specifischen Eigenschaften besser erhielten, als die Gattungs- und Familienunterschiede. Es sei hiefür nur ein Beispiel angeführt, welches zugleich die immerhin noch unnatürliche Gruppirung unserer sogenannten „natürlichen" botanischen Systeme illustrirt: Leea und Sambucus. Erstere Gattung wird bei den Polypetalen, speciell bei den Ampelideen (mit denen sie aber weder den kletternden Habitus, noch die Ranken gemein hat) untergebracht, letztere Gattung bei den

Anlass zu grosser Variabilität der Pflanzen; denn diese zeigt sich am meisten dort, wo auf bisher unbesiedelten Flächen

---

gamopetalen Caprifoliaceen; beide sind indess gamopetal und der wesentliche Unterschied ist nur der, dass der Kelch bei Leea unter, bei Sambucus auf der Beere sich befindet und dass ein nebenblumenartiger Staubblattkreis bei Leea existirt, bei Sambucus aber nicht. Im Uebrigen sind die zwergigen Formen beider Gattungen (bei Sambucus der bekanntere krautige S. Ebulus) in den meisten, selbst sehr untergeordneten Eigenschaften zum Verwechseln ähnlich und besitzen gemeinschaftlich sehr merkwürdige Eigenschaften, die anderen Gattungen und Familien fehlen. Es erklärt sich nun bei diesen zwergig verkümmerten, krautig gewordenen Formen durch die Verkümmerung des nebenblumenkronenartigen Staubblattkreises bis auf die kurzgestielten Staubbeutel, bez. durch Verminderung der damit zusammenhängenden Blüthenhüllzone eine innige Verwachsung des Fruchtknotens mit dem Kelch, wodurch anstatt einer oberständigen eine unterständige Frucht entstehen musste. In den Systemen aber stehen diese zum Verwechseln ähnlichen Arten infolge deffen in sehr entfernt gestellten Genera und Familien.

Uebrigens entstehen auch ohne Kälte bereits zwergige Pflanzenformen aus grösseren Pflanzen, wenn starke Insolation, constante heftige Winde, mageres Substrat und Trockenheit einwirken. Diese 4 Factoren sind aber bereits in der 7. und 8. Periode für Continente anzunehmen und ihnen verdanken die meisten angiospermen Landpflanzen ihre schärfere Ausprägung. Ein ausgezeichneter englischer Botaniker und Kenner der Alpinen, John Ball, vertheidigt sogar die Ansicht, dass sich die Alpinen schon in der Steinkohlenperiode gebildet haben müssten; es ist das indess bei dem vollständigen Mangel von fossilen Blattresten angiospermer Landpflanzen in carbonischen Schichten (angiosperme Wasserpflanzen, von denen allenfalls nur die Früchte leicht petrefactionsfähig sind, existirten mit hoher Wahrscheinlichkeit schon im Carbon) eine unhaltbare Hypothese. Durch trockenes subtropisches Klima, welches man mit Ball allenfalls auf hohen Bergen der Carbonzeit vermuthen könnte, entstehen die lederartigen, in Stiel und Blatt besser differenzirten Blätter der immergrünen Angiospermen mit stark korkhaltiger Epidermis, ohne welche sie das trockne Klima nicht aushalten könnten. Solche Blätter eignen sich aber am ehesten zur petrefactischen Erhaltung; dass sie nun carbonisch völlig fehlen, ist auch ein Beweis, dass die Carbonflora noch nicht continental ausgebildet war; denn sonst könnten solche alpine, bez. xeromegatherme (vergl. S. 61) angiosperme Landpflanzen fossil nicht absolut fehlen. Fehlte die Landflora in den feuchtwarmen Tiefländern völlig, so konnten selbst-

einzelne Pflanzen ungehindert variiren können, weil die Varietäten dann nicht durch häufigere Befruchtung mit Stammformen wieder verschwinden; vermehrt wurde die Variation durch Einwanderung der Pflanzen in kalte Regionen, wo sie verzwergen, aus Sträucher selbst zu Kräutern werden und sonst stark variiren, ferner durch Rückwanderung der dort entstandenen Arten in warme Zonen, wobei letztere in der Regel wiederum neue Arten bilden; ausserdem bot die grössere Entwickelung der Insecten, auf deren Befruchtungsvermittelung viele Pflanzen sich anpassten, Anlass zur Entstehung neuer Pflanzenarten, indem zufällig entstandene Variationen der Blüthen mit Eigenschaften, die Insecten anlocken, constant werden, wenn zur besseren Befruchtung geeignete Insectenarten solche Blüthenvarietäten oft aufsuchen.

Decimärzeit oder trizonale Periode.*) (Syn. Quar-

---

verständlich auch auf den etwaigen trockenen sonnigeren Berggipfeln der Steinkohlenperiode keine Alpinen entstehen. Ohnehin fehlte in jener Zeit die den Landpflanzen unentbehrliche Kohlensäure in der Atmosphäre.

*) Da die Benennungen der geologischen Perioden bisher nicht einheitlich sind, beziehentlich soweit sie einheitlich waren, auf theilweis irrigen Voraussetzungen beruhten, so dass sie nur z. Th. angenommen wurden und ein heterogenes Gemisch von Namen ohne alle Harmonie üblich wurde, z. B. Urgneiss-, Huron-, Phyllitformation, Silur, Devon, Carbon, Dyas, mesozoische Zeit, Tertiär, Quartär, so erlaubte ich mir eine neue einheitliche, kurz und scharf characterisirende Nomenclatur vorzuschlagen. Es ist das Einfachste, die Perioden zu nummeriren; um nun für die meisten Sprachen passende, gleichlautende Ausdrücke zu erhalten, welche zugleich auf die Gesteine aus jeder Periode übertragbar sind, habe ich die allerdings nicht gerade classisch lateinischen, aber leichtfasslichen Bezeichnungen „primär — decimär" vorangestellt; es sind dies auch Ausdrücke, die am wenigsten zu Controversen Anlass geben dürften, umsomehr als sie auf bisher anerkannte Perioden übertragen sind. Was man früher als Primärzeit und Secundärzeit bezeichnete, sind im Vergleich zu den bisherigen, Tertiär und Quartär genannten Perioden so ungemein grosse Zeitabschnitte, dass letztere fast dagegen verschwinden und die ersteren mit Recht in weitere acht Perioden getheilt wurden. Aber nur von einem Tertiär oder Quartär zu reden,

tär; Diluvium und Alluvium; letzteres auch Quintär genannt.) Grössere Temperaturdifferenzen in drei verschiedenartigen Klimazonen: kalte Polarzonen (unter 0⁰), gemässigte Zonen mit 0—15⁰ C. im Jahresmittel und schmälere tropische Zone mit 15—30⁰ C. Entwickelung zu den heutigen Verhältnissen. —

---

während Primär und Secundär obsolet geworden ist, ist zum mindesten inconsequent. Eine allgemeinere Anwendung fand bisher nur das Wort Tertiär, wofür ich also Nonär zu gebrauchen vorschlage; eine Verwechselung der Gesteine, Fossilien, welch letztere aus der 3. Periode fehlen, und sonstiger Eigenschaften der 3. und 9. Periode ist nahezu ausgeschlossen und deshalb werden auch die neueren Ausdrücke Tertiär und Nonär schwerlich zu Verwechselungen Anlass geben.

Die technischen Bezeichnungen der Perioden ergeben sich aus den Beschreibungen der einzelnen Perioden; will man sie durch kurze deutsche Benennungen ersetzen, so könnte dies, wie folgt, geschehen:

1., 2. P. anorganische = wesenlose Perioden.

1. P. anhydrate = meereslose Periode.

2. P. thermohydrate = Heissmeer-Periode.

3. P. kryptobiotische = versteinerungsfreie Urwesen-Periode.

4.—10. P. phänobiotische = versteinerungsliefernde Perioden.

4.—7. P. azonalmarine = klimazonenfreie P. nur mit oder mit vorherrschenden Meereswesen.

4. P. algomarine = Meeresalgen-P. mit untergetauchten Wesen.

5. P. pratomarine = Meereswiesen-P. mit schwimmenden Wesen.

6. P. silvomarine = Meereswälder-P. mit z. Th. luftbewohnenden Wesen.

7. P. marinlitorale = P. mit vorherrschenden Seichtmeer- und Strandwesen.

8.—10. P. zonalterrestrische = P. mit Klimazonen und häufigen Landwesen.

8. P. dizonallitorale = doppeltklimazonige P. mit vorherrschenden Uferwesen.

9. P. dizonalterrestrische = doppeltklimazonige P. mit vorherrschenden Landwesen.

10. P. trizonale = dreifachklimazonige Periode.

Capitel IV.

Klimatische Interpolationen der geologischen Perioden.

Die wahrscheinliche Entstehung der ersten Lebewesen fällt also nach unseren Erfahrungen und Interpolationen in die Urthonschieferperiode oder, wie wir sie nennen, kryptobiotische Periode. Wir nehmen dies als frühesten Zeitpunkt an, weil es Protisten, nämlich mikroskopische Pilze, giebt, die noch bei 130° C. leben können; dagegen sind die meisten Organismen, weil sie im kochenden Wasser gerinnendes Eiweiss besitzen, erst unter 100° C. entstanden und manche grüne Algen vermögen noch in 60° C. warmem Wasser zu gedeihen, so dass man deren erste Entstehung bei 60° C. annehmen darf. Da indess manche der ältesten Petrefacten, z. B. Brachyopoden, schon relativ hoch entwickelt auftreten, muss man für die kryptobiotische Periode noch einen ziemlich langen Zeitraum, etwa von 20° C. Erdkrustenabkühlung, hinzurechnen.

Einen anderen Interpolationspunkt für die Wärmegrade der geologischen Perioden haben wir gegen Ende der carbonischen Periode, bis zu welcher Zeit die Temperatur überall gleichmässig war, wie übereinstimmende Kohlenpflanzenreste in der Polarzone und in den Tropen beweisen. Das Klima muss sich damals bis auf die Lebensbedingungen der Farnbäume, die noch die meiste Aehnlichkeit mit carbonischen Pflanzen zeigen, reducirt haben. Diese leben jetzt zwar meist

in den Tropen, aber in der Regel in dortigen kühleren Gebirgszonen, wo eine beständige feuchtwarme Temperatur von etwa 15° herrscht; steigen Farnbäume auch manchmal in tiefere wärmere Regionen, so wachsen sie dann an Gebirgswässern, wo die Wurzeln kühleres Wasser erhalten, wie ich auf meiner Reise um die Erde öfters beobachtete und es auch in der Literatur bestätigt finde. Ferner lassen sich die carbonisch häufigen Calamodendreen nur mit den Casuarinen systematisch zusammenstellen; letztere sind aber ebenfalls vorzugsweise subtropische Bäume, bez. kommen tropisch in höheren kühleren Gebirgsregionen, z. B. auf Java, am häufigsten vor. Auch Gymnospermen sind vorherrschend keine eigentlichen Tropenpflanzen. Wir dürfen daher gegen Ende der Steinkohlenperiode ein Mittel von ± 15° als wahrscheinlich annehmen.

Die Vertheilung der antheiligen Grade auf die 3 azonalmarinen Perioden ist wesentlich nach der Mächtigkeit der angeschwemmten Sedimentschichten interpolirt; es kommen dabei auf 1° Wärmeabnahme 600—800 m Sedimente. Welch ein Unterschied gegen die 2 vorhergehenden Perioden, da sich für die 2. und 3. Periode nur 30—40 m Sedimente auf 1 Wärmegrad ergeben! Eine etwa 20fache Differenz, die ganz von selbst auf äusserst verschiedenartige Entstehung der Sedimente hinweist. Die 1. Periode entzieht sich einer solchen Berechnung, weil die Mächtigkeit ihrer Schichten nur bis zu 30000 m bekannt und weil bei ihr neptunische Sedimentation überhaupt ausgeschlossen ist.

Für die Perioden nach dem Carbon lassen sich keine Berechnungen aus Temperaturabnahme und Sedimentmächtigkeit ausführen, da zweifellos eine theilweise Wärmesteigerung, ein auch von Anderen angenommener sogenannter Wärmerückfall stattfand und weil die häufiger werdenden klastischen Producte, bez. Sedimente infolge der jetzt erst entwickelten

Landflora und constanten ruhigeren Flüsse zum grösseren Theil auf dem Festlande verblieben und noch verbleiben.

Die Bestimmung des Klima in der bizonallitoralen Periode beruht darauf, dass wir, wie besonders Osw. Heer nachwies, von der Polarzone bis zum südlichen Frankreich sehr übereinstimmende jurassische Kohlenpflanzen kennen, insbesondere Farne, Cycadeen und Coniferen, wobei letztere vorherrschen, während die indische Jura, weil sie nur 40% übereinstimmende Formen zeigt und weil in ihr die Cycadeen vorherrschen, auf ein wärmeres Klima hinweist.

In der 9. Periode kühlten sich blos die polaren gemässigten Zonen ab; am Nordpol wuchs eine Flora, die der von Japan am meisten entspricht; im südlichen Mitteleuropa existirte noch tropisches Klima. Da die Isothermen nicht mit den Breitegraden zusammenfallen und nur wenige Interpolationspunkte vorhanden sind, so lassen sich die Tropengrenzen der 9. Periode nur sehr annäherungsweise angeben, etwa — nach Engler, Entwickelungsgeschichte der Pflanzenwelt seit dem Tertiär S. 327—329 — für die nördliche Halbkugel: Südengland, Japan, Van Couver Insel. Für die südliche Halbkugel liegen so wenig Fundorte südlich der heutigen Tropengrenze von Pflanzenfossilien aus dem Nonär vor*), dass man eine nonäre Tropengrenze noch nicht ziehen kann. Engler nimmt an, dass im Nonär sich bereits 4 Grundelemente der heutigen Vegetation herangebildet hatten, wobei er sich ausser auf fossile Funde namentlich auf die jetzige geographische Verbrei-

*) Nämlich blos: 1) Neusüdwales, Victoria und Tasmanien, eine Anzahl Früchte aus den oberpliocenen, also fast decimären, goldführenden Schichten, deren Kenntniss durch Ferd. von Müller vermehrt wird und welche auf eine Flora schliessen lassen, die der jetzigen tropischen und subtropischen Flora von Australien nahe verwandt ist. (Vergl. Engler l. c. und Just, botanischer Jahresbericht VI 1. Th. S. 445, VII 2. Th. S. 174). 2) Südamerika, Chili: Sequoia, Farne, Lauraceen. 3) Kerguelen? nonäre Araucariten. Afrika, kein Fundort bekannt.

tung der einzelnen Pflanzenfamilien und Gattungen stützt. Dieser Annahme von 4 Florenelementen schliesse ich mich mit unwesentlichen Modificationen an und will sie hier kurz darstellen, weil sich daraus ziemlich sichere Schlüsse auf nonäre Temperaturverhältnisse ergeben:

1) Das arctononäre Element mit hauptsächlich mesothermen*) (bei 15—20° C. gedeihenden), ferner mikrothermen (0—14° C.) und vielleicht auf hohen Gebirgen auch hekistothermen (mehr kältevertragenden) Pflanzen. In Nordamerika, welches damals die südlichen und südöstlichen Tiefländer noch nicht besass, herrschte bis Californien blos diese Flora.

2) Das paläotropische Element, in der alten Welt innerhalb der Linien: südliches England bis Japan und Westafrika bis Neucaledonien; doch ist diese Südgrenze — wie S. 60 ausgeführt wurde — unsicher und wahrscheinlich dem Südpol näher gewesen. Es herrschten daselbst die Typen der heutigen altweltlichen megathermen Pflanzen (mindestens 20° C. im Mittel), welche man in Hydromegathermen, d. h. solche die Feuchtigkeit lieben, immergrün sind und nur geringe (meist nur 4°, doch auch bis 10°) Temperaturschwankungen aushalten, sowie in Xeromegathermen, d. h. solche, die abwechselnde Trockenheit lieben, meist laubabwerfend

*) Diese Bezeichnungen stammen von Alph. de Candolle. Für die arctononäre Flora scheint es mir nicht geboten, mehr als 15° C. anzunehmen, weil sich dieses Temperaturmaass hauptsächlich auf gleiche oder ähnliche Pflanzen (Taxodium etc.) der südlichen und mittleren Vereinigten Staaten Nordamerikas gründet. Nun gedeihen Taxodium und die Begleiter dieses Sumpfwaldbaumes schon recht gut bei 12—15° mittlerer Temperatur, z. B. in Delaware und Illinois. Dass sie auch unter höheren Isothermen wachsen, erklärt sich dadurch ungezwungen, dass sie später das südliche Schwemmland des Mississippi, bez. die aus dem Meere gehobenen Tiefländer von Florida, Georgia etc. mit wärmerem Klima als pflanzenfreie Gebiete leicht occupiren konnten.

sind und grosse Temperaturunterschiede (Schwankungen von 20—40°) aushalten, zu unterscheiden hat.

3) Das neotropische oder südamerikanische Element mit den zweierlei megathermen Floren, ähnlich denen des heutigen tropischen Brasiliens. Nach der Erhebung der Anden wanderten viele arctononäre Pflanzen ein. Später sind auch noch eine Anzahl antarctische Pflanzen, die z. Th. nur aus Australien und Südasien, bez. den südpolaren Inseln stammen können, eingewandert. Es existiren jetzt noch zahlreiche identische und vicariirende Arten in Südaustralien, Neuseeland und dem südlichen Südamerika, was ohne einen früheren südpolaren Continent schwerlich erklärbar sein würde. Rubus antarticus O. Ktze. z. B. kann nur von fiedrigblättrigen strauchigen Brombeeren aus Südasien, Australien stammen und nur eine südpolare, durch Kälte verkümmerte, krautig gewordene Form derselben sein.

4) Das altoceanische Element, jetzt in Australien, dem Cap und den oceanischen Inselgebieten, besonders der südlichen Hemisphäre, mit den ältesten Landpflanzen, die sich auf den Inseln besser erhielten, als auf den grossen Continenten, weil sie dort der Concurrenz mit continental neu entstandenen kräftigeren Typen enthoben waren. Ausserdem sind eine Anzahl Arten mit Beerenfrüchten und solche mit schwimmfähigen oder windleichten Samen aus Festlandsgebieten importirt worden und haben sich vielfach auf Inseln geändert. Auf den Inseln herrscht gemässigtes Meeresklima und wurde die Flora, wie auch Engler annimmt, durch Hebung der Gebirge und Vergrösserung zu Continenten — wobei frühere antarctische Gebiete nicht unwahrscheinlich sind — z. Th. xerophil, trockenliebend. Da nun xerophile Pflanzen oft gegen höhere Wärme unempfindlich sind (d. h. mit Trockenheit tritt auch extremes Klima ein und die Pflanzen, die sich dem nicht anpassen, gehen einfach zu Grunde), so erklärt

sich nach Engler die später entstandene Mischlingsflora in Australien. —

Mit Eintritt der Eiszeit verschoben sich die Grenzen der warmen und der gemässigten Zonen nach dem Aequator zu. — —

Es können hier nur die wichtigsten geologischen Interpolationen angedeutet werden, soll diese Abhandlung nicht zu einem vollständigen Lehrbuch der Geologie werden; es sei mir wenigstens gestattet, zwei, deren Studium ich anregte und förderte und die noch weniger bekannt sind, in den folgenden Capiteln zu besprechen: den Salzgehalt und Kalkgehalt der Oceane.

Capitel V.

Die allmähliche Versalzung des Weltmeeres.

Da die Urgesteine bis zum Niederschlag der ersten Meere nicht ausgelaugt sein können und nie Chlornatrium als selbständigen Bestandtheil enthalten, da Chlor eine der stärksten chemischen Affinitäten (Verbindungsbestreben) besitzt, sich also zuerst gebunden haben muss und keineswegs als Residuum der gasogenen Processe der ersten Periode zurückgeblieben sein kann, wie etwa (damals gasförmiges) Wasser, Luft und Kohlensäure, da die Urgesteine auch nicht über Rothgluth entstanden sind, also etwa beigemischtes Chlornatrium*) nicht durch Hitze gasförmig ausgetrieben sein kann,

---

*) Es ist zweifellos, dass zur Zeit als sich die Granitmineralien gasogen ausschieden — wenigstens im älteren Theil dieser Epoche — noch etwas Chlor in den chemischen Wolken vorhanden war, denn der Granitquarz enthält, wenn auch nicht immer, in den accessorischen Mikrofluida Kochsalz und Alkalien oder Säuren; aber ebenso zweifellos dürfte es sein, dass sich die übrigen relativ sparsamen Reste von Chlor und Alkalien mit den Feldspathgesteinen chemisch verbanden. Wenigstens findet sich nie isolirtes Kochsalz in den unausgelaugten Urgesteinen und wir finden — von selteneren Mineralien abgesehen — fast nur im Quarz, der Kochsalz bei Rothgluth nicht verändert, salzige Mikrofluida, während die anderen Granitmineralien in der Regel statt salzhaltiger Mikrofluida accessorischen Apatit als chlorhaltigen Bestandtheil besitzen.

Wenn man bedenkt, welchen relativ winzigen Bestandtheil das Wasser auf unserem Erdball bildet — dem Gewicht nach wahrscheinlich nur $^1/_{5000}$ —, so ist man in Anbetracht, dass es in den chemischen Wolken s. Z. anfangs dissociirt, später fein zertheilt gewesen sein muss, fast gezwungen anzunehmen, dass

da ferner in mächtigen, zuletzt entstandenen Urgesteinsschichten Salz in den Mikrofluida fehlt, so dürfen wir nur an-

---

es oft mechanisch mit den gasogen massenhaft niederfallenden glühenden Mineralien fortgerissen wurde, unterwegs aber schon durch schnelle Verdunstung immer wieder in die Atmosphäre überging, wobei es selbstverständlich von allen etwa gelösten festen Substanzen — dabei vielleicht auch Salz — völlig befreit worden ist, so dass also nur reine Gase über der rothglühenden Erdkugel übrig bleiben konnten.

Nun könnte man die Frage aufwerfen, ob vielleicht noch etwas freie Salzsäure in die Atmosphäre übergegangen und übrig geblieben sei; aber einerseits ist dies wegen des grossen Verbindungsbestrebens dieser Säure nicht wahrscheinlich, andererseits müsste sie dann auch ohne Salz öfters in den Mikrofluida der Urquarze vorhanden sein; das ist aber nur selten und fraglich bei einigen wahrscheinlich älteren Urquarzen (mir unbekannten Fundortes) der Fall, während solche Urquarze, welche man als jünger entstanden betrachten muss, z. B. die Hauptmasse des Granitgneisses des St. Gotthard, wo auch die grossen Bergkrystalle und Morione als spätest entstandene Urquarze sich finden, Mikrofluida besitzen, welche frei von Salzsäure und Salzen sind, dagegen die Bestandtheile der damals übrig gebliebenen Atmosphäre, speciell ihrer unteren Region mit comprimirten Kohlensäuregasen und comprimirten Wasserdämpfen enthalten. Es finden sich in diesen spät entstandenen Urquarzen innerhalb eines und desselben Krystalles (vergl. Zirkel, Mikr. Besch. d. Min. S. 59—61) Mikrofluida mit (nachträglich durch die Abkühlung flüssig gewordener) reiner Kohlensäure neben Mikrofluida mit mehr oder minder wassergemischter Kohlensäure, wie dies einer bewegten, überhitzten comprimirten Atmosphäre mit ungleichen Bestandtheilen entspricht; während in späteren neptunischen Bergkrystallen sich allenfalls nur vereinzelte nicht comprimirte Wassereinschlüsse ohne Kohlensäure befinden. Ausserdem kommen in den grossen Bergkrystallen (Morionen) des Gotthardgebietes noch zuweilen, wie schon S. 39 bemerkt, andere Bestandtheile der damaligen Atmosphäre, als Stickstoffverbindungen, Kohlenhydrate und dergl. Luftarten, nie aber Salzsäure vor.

Betrachten wir einmal dieses Factum vom neptuntheoretischen Standpunkt, setzen wir also voraus, dass die mächtigen Schichten des Gotthardgranitgneisses submarin sich gebildet hätten, so müssten die Flüssigkeitseinschlüsse auch salzhaltig sein, falls die Urmeere salzhaltig — wie man bisher meinte — gewesen wären.

nehmen, dass die ersten Meere so salzfrei wie unsere Süsswasser waren.

Hiermit übereinstimmend sind die anderen Beweise für älteste Süsswasser-Oceane, nämlich:

1) Die allmähliche Anhäufung des allerdings geringen Salzgehaltes der Flüsse im Meere, indem das zugeflossene Wasser verdunstete, chlorfreie Wolken bildete, welche als Landregen das Festland fortwährend auslaugen und die Auslaugungsproducte dem Meere zuführen. Dieser stetige Process bedingt eine allmähliche Versalzung der Oceane, da es keinen einzigen constanten Salzverlust des Weltmeeres giebt. Die vereinzelt vorkommenden Salzlager sind im Verhältniss zu dem im Meere angehäuften Salze (50000 geogr. Cubikmeilen etwa) so unbedeutend, dass sie relativ nicht in Betracht kommen; auch entstammen die wenigsten Salzlager dem Meere, selbst nicht indirect. Wir werden über die Zeitdauer der allmählichen Meeresversalzung durch die Flüsse nachfolgend verschiedenartige Wahrscheinlichkeitsrechnungen anstellen; wenn diese nun auch wegen der noch mangelhaften Unterlagen keine in Zahlen übereinstimmenden Resultate ergeben, so schwanken letztere doch nur innerhalb Grenzen von Jahrmillionen, welche für die biotischen Perioden auch von anderen Forschern angenommen werden und folgert daraus mindestens eine Salzarmuth des frühesten Weltmeeres, welche in Anbetracht von dessen ehemaligem beträchtlich grösseren Wasserreichthum der Salzarmuth unserer Flusswässer gleich gewesen sein muss. Wäre etwa das Meer von Anfang an schon stark salzig gewesen, so müsste es jetzt anstatt $3\frac{1}{2}\%$ mindestens 7% Salzgehalt haben.

2) Die aus der Steinkohlenlagerung hervorgehenden Beweise einer carbonischen üppigen Meeresflora mit Gefässkryptogamen, welche nothwendigerweise für jene Zeit sehr salzarme Oceane erfordert. Wir kommen auf diese 2 unab-

hängigen und ergänzenden Beweise noch des Näheren zurück.

3) Die ältesten Fische lassen nur auf salzarme älteste Oceane folgern; Carus schreibt z. B. in seinem Handbuch der Zoologie: Merkwürdig ist, dass die meisten Süsswasserfische zu Ordnungen gehören, welche man als älteste anzusehen berechtigt ist, wie die Dipnoi, die meisten Ganoiden und Physostomi; zu letzterer gehören die artenreichen Familien der Cyprinoiden und Siluroiden, ferner die Selmoniden und Esoces.*)

4) In analoger Weise leben die einfachsten Wasserpflanzen, die protistischen und niederen Algen, wenn man von den geologisch erst spät entstandenen Diatomeen absieht, mit äusserst wenigen Ausnahmen nur im Süsswasser; da sich nun die höheren Meeresalgen nur aus niederen entwickelt haben können und die älteste Flora ausschliesslich marin war, so berechtigt dieses fast völlige Fehlen niederer primitiver Algen im Meere, deren Aussterben nur durch Meeresversalzung erfolgt sein kann, auch nur auf süsswasserhaltige älteste Oceane zu folgern.

5) Ausser dem völligen Aussterben der silvomarinen Flora würde auch manche periodische Veränderung der marinen Fauna ohne die allmähliche Versalzung der Meere unerklärt bleiben. Wenn dies auch nur ein hypothetischer Beweis ist, so ist doch blos diejenige Hypothese die richtige, welche mit allen einschlagenden Thatsachen harmonirt.

6) Einen anderen Beweis für den periodisch steigenden

*) Wesentlich sind es die pflanzenfressenden Fische, welche in die salzfrei bleibenden und von grünen Algen belebten Continentalgewässer übersiedelten, während die älteren Raubthierfische, die gefrässigen Haie, sich dem salziger werdenden Meere anpassten, weil sie dort anfänglich mehr Nahrung fanden; als sie später weniger Nahrung in dem Meere fanden, waren sie bereits Salzthiere geworden, so dass sie nun den Süsswassern fern blieben.

Meeressalzgehalt kann man in der zeitlich parallel gehenden Steigerung der Glaseinschlüsse und Dampfporen in Eruptivgesteinen erblicken, wiewohl diese Steigerung sich vielleicht schon durch die steigende Erdkrustenabkühlung zum grössten Theil erklären würde. Indess es müsste doch mindestens als ein ergänzender Beweis berücksichtigt werden, dass die Verglasung der Eruptivgesteine von dem Meeressalzgehalt bedingt ist, insofern Kochsalz als sogenanntes Flussmittel beim Glasschmelzen dient, indem es bei hoher Hitze und Wasserdampfanwesenheit durch den Quarz chemisch zersetzt wird, wobei Salzsäure (die aus den Vulkanen bekanntlich häufig, besonders vor den Eruptionen entweicht) und Wasserglas entsteht, welches den Verglasungsprocess einleitet und beschleunigt. Wenn also früher wenig Salz im Meereswasser war, so konnte es, falls es ins glühende Erdinnere eindrang, den Verglasungsprocess nur wenig fördern, während es heutzutage ihn kräftig fördert. Umgekehrt ist der Schluss wohlberechtigt, falls früher die Meere ebenso salzreich gewesen wären wie jetzt, dass dann in den älteren Gesteinen Gläser und Dampfporen, also schlackige Gesteine, nicht fehlen dürften. Die periodisch steigende Meeresversalzung bedingt also auch periodisch steigende Verglasung der Eruptivgesteine, und beides ist in der That harmonisch der Fall.

7) Der geringe Gehalt von Kali-Verbindungen im Meere, etwa $^1/_6$ %, besonders im Verhältniss zu Natronverbindungen, nämlich auf 100 Theile Chlornatrium 5 Theile Chlorkalium, erklärt sich wohl nur dadurch, dass die Landpflanzen wesentlich die Vermittler zur chemischen Zersetzung der Gesteine gewesen sind und das Kali in der Hauptsache für sich verwenden, bez. auf dem Lande zurückhalten. Es ist bekannt, dass die Bäume und fast alle Pflanzen beim Verbrennen mehr oder minder Potasche liefern und nur wenig Natronverbindungen enthalten. Das Kalicarbonat wurde ehedem fast nur

auf diesem Wege dargestellt. Nur auf Salzboden wachsende Pflanzen und die Tange liefern Soda (Varec) und beweisen zugleich, dass sie im Stande sind etwas Chlornatrium zu zersetzen, ähnlich wie es Thiere giebt, die im Stande sind, Schwefelsäure auszuscheiden (Dolium etc.) und Gyps zu zersetzen. Ausser den löslichen Kaliverbindungen in der Pflanzenasche sind aber in den unlöslichen Aschenbestandtheilen, die $^3/_4$—$^9/_{10}$ oder mehr der Pflanzenasche betragen, unlösliche Kalisilicate, deren chemische Zusammensetzung noch nicht erforscht ist, (etwa Kalizeolithe und Kalithonerdesilicate mit oder ohne Eisen, Kalk etc.) enthalten, von denen man, da die organischen Kaliverbindungen beim Verbrennen zu Potasche werden, annehmen muss, dass sie bereits in der Pflanze fertig gebildet wurden, wenngleich sie wohl nur in den Zellwänden zur Versteifung derselben in solch minimalen Mengen eingelagert sind, dass man sie in den Pflanzen selbst weder chemisch noch mikroskopisch nachgewiesen hat. Es enthalten 100 Theile getrockneter Pflanzensubstanz im Mittel etwa 2% Asche; doch kommen auch Ausnahmen von 10—28% vor; davon ist also $^3/_4$—$^9/_{10}$ unlöslich. Diese unlöslichen Verbindungen der Pflanzen sind trotz des geringen Vorkommens gleichwohl ein geologischer Factor; sie lagern sich beim Verwesen der Pflanzen, bez. des abgefallenen Laubes dem Erdboden auf und ein und bilden Beiträge zu der Dammerde, den Lehmen, zu den tropisch sehr verbreiteten Lateriten.

Das Kalium übt wahrscheinlich zweierlei Functionen bei den Pflanzen aus; erstens hat Kali nächst Fluor die grösste Verbindungsfähigkeit, bez. Lösungsfähigkeit für Silicate und dürfte von den Wurzeln zur Auflösung der Gesteine benutzt werden; zweitens ist die Assimilation bei Landpflanzen ohne Kaliverbindungen nicht möglich; es findet bei Entziehung der kalihaltigen Nährstoffe keine Stärkebildung und Gewichtszunahme statt und das Kalium kann in dieser Hinsicht, wie

Culturversuche lehrten, in der Regel nicht durch Natrium ersetzt werden. Im Verlaufe der vitalen und chemischen Processe der Pflanzenwelt resultirt aber stets ein vorzugsweises Verbleiben der Kaliverbindungen auf dem Festlande. Man darf dagegen nicht einwenden, dass Ackerpflanzen dem Boden das Kali entziehen; denn diese Culturpflanzen verbleiben weder auf dem Ackerboden, noch geben sie durch Verwesung den in der Pflanze gelösten oder festgewordenen Kaligehalt der Erde zurück, sondern sie werden durch die Menschen abgeerntet und vom Ackerboden entfernt. Die löslichen Kaliverbindungen in den Pflanzen, welche die Potasche beim Verbrennen bilden, insbesondere saures oxalsaures, bez. weinsaures Kali (Bitterkleesalz, bez. Weinstein) sind (ebenso wie der in Pflanzen nicht seltene oxalsaure Kalk) in kaltem Wasser schwer löslich, sodass diese Kaliverbindungen beim Verwesen der Pflanzen an Ort und Stelle kaum ausgelaugt und den Flüssen zugeführt werden. Justus Roth (Chem. Geologie S. 438) meint, die äusserst geringen Mengen der Kaliverbindungen in Quell-, Fluss-, See- und Meerwasser, gegenüber der Häufigkeit und Angreifbarkeit der kalihaltigen Mineralien, sei zum Theil durch die Eigenschaft der Ackerkrume erklärlich, dass sie aus dem Wasser Kali viel stärker als Natron aufnimmt, zum Theil müsse man annehmen, dass das Gelöste sich mit den mineralischen Bestandtheilen des Quellgebietes umsetzt; für letztere Annahme fehlt aber jedweder Anhalt und sie ist bei der grösseren Löslichkeit der Kaliverbindungen in Wasser, bez. Zerfliessbarkeit in feuchter Luft im Vergleich mit Natronverbindungen höchst unwahrscheinlich, andererseits fehlen auch die vermutheten kalihaltigen Quellabsätze*) in der Regel.

*) Vergl. Roth's eigene Angaben (Geolog. 571—591) zahlreicher Analysen von Quellabsätzen, wo nur bei einer Quelle (S. 582) etwas kalihaltiger Ab-

Während nun die den Meere zufliessenden Mengen von Chlormagnesium und Chlorcalcium sich in der Hauptmasse nicht auf die Dauer erhalten, wenn genügend viel kohlensaure Alkalien dem Meere zufliessen — und diese entstehen ja relativ nicht wenig durch kohlensäurehaltige Tagewasser bei der Felsenzersetzung —, weil Chlormagnesium und Chlorcalcium dann zu sich niederschlagendem Magnesia- und Kalkcarbonat zersetzt werden (der Process Chlorcalcium + schwefelsaures Natron = Gyps + Kochsalz und ähnliche chemische Vorgänge sind auch nicht im Meere ausgeschlossen), so verbleibt doch stets als Endresultat der verschiedenen chemischen Processe Chlornatrium zuletzt im Meerwasser gelöst. Dass nun das Meerwasser so wenig Kaliverbindungen besitzt, trotzdem bei Zersetzung der Gesteine und durch Aufschluss der Urquarze lösliche Kaliverbindungen relativ zu Natronverbindungen ziemlich viel entstehen, ist eben nur dadurch erklärlich, dass die Pflanzen, bez. die Ackerkrume und Humus den Kaligehalt in der Hauptmasse absorbirten, bez. auf dem Festlande zurückhielten. Es ist daher bei der Häufigkeit der kalihaltigen Gesteine und der grösseren Löslichkeit des Chlorkalium, das sich z. B. in Salzlagern erst nach dem Chlornatrium ausschied, die Folgerung nicht wohl von der Hand zu weisen, dass die Meere viel kalihaltiger sein müssten, wenn ihr Salzgehalt ein von Anfang an vorhandener gewesen wäre.

Haben wir ausser den Beweisen für das »salzfreie Urmeer« — d. h. im Sinne unserer Flusswässer salzfrei —, die sich aus der nur möglichen Entstehung der Urgesteine und aus den chemisch-physikalischen Eigenschaften der Urgesteinsmineralien ergeben, noch eine Reihe anderer mehr oder min-

---

satz angegeben wird. Nur bei heissen Kieselquellen haben die Geyserite (Kieselsinter) Spuren von Kali; diese kommen als sehr selten nicht in Betracht. Der kalihaltige Glaukonit ist zwar auch ein Absatzproduct, aber nicht in Quellwässern, sondern in marinen Sedimenten.

der gravirender Beweise, so haben wir andererseits keinen einzigen Beweis für die gewöhnliche Annahme, dass das Meer ursprünglich salzhaltig gewesen sei. Manche nehmen nun an, dass eine Auslaugung der Urgesteine stattgefunden habe, dass also selbständige Bestandtheile von Chloriden in den Urgesteinen existirten.

Eine nachträgliche Auslaugung etwaiger selbständiger Bestandtheile von Salz in den Urgesteinen würde zwar auch nur zu einer successiven Versalzung der Meere geführt haben, es ist diese Annahme ausgelaugter selbständiger Salzmassen in den Urgesteinen aber ausgeschlossen, weil dann an Stelle der ausgelaugten Salzmassen entsprechende Hohlräume — kleine krystallartige oder höhlenartige — in den Urgesteinen vorhanden sein müssten; das ist aber, von Kalkhöhlen abgesehen, nicht der Fall; denn die Hohlräume in den granitischen Urgesteinen sind ausschliesslich sprung- und spaltenartig und von einem früheren Zusammenfallen etwaiger granitischer Hohlräume kann bei einem so festen, zähen Gesteine nicht die Rede sein. Ausserdem giebt es auch so compacte Urgesteine, dass eine Auslaugung überhaupt ausgeschlossen ist, und in diesen fehlen stets selbständige Salzmassen.

Ein Experiment, das Bischof*) anstellte, ist für dieses Thema lehrreich; er schmolz 100 Theile wasserfreien Basalt mit 10 Theilen Kochsalz zusammen, dabei verflüchtigten sich 4,45 Theile; nach dem Abkühlen und Pulvern wurde die Masse ausgelaugt, wodurch noch 2,75 Theile verschwanden, so dass also 102,80 Theile übrig blieben und die Masse, welche in der durchschnittlichen Zusammensetzung den Urgesteinen ungefähr gleich ist, also 2,8% Chloride aufgenommen hatte, die erst nach chemischer Zersetzung auslaugbar sein würden. Die Urgesteine sind nun bei Glühhitze entstan-

*) Bischof a. a. O. I. 14.

den, enthalten im Mittel vielleicht nur 1% Chloride, und stark chlorhaltige Urgesteine giebt es überhaupt nicht, wie das bei etwaigen stellenweisen Anhäufungen von Chloriden doch der Fall gewesen sein müsste. Die Urgesteine hätten also noch viel mehr Chlor chemisch binden können, wenn es vorhanden gewesen wäre. Auch sind die Urgesteine infolge ihrer Zusammensinterung vor dem Wasserniederschlag überhaupt keiner Auslaugung, geschweige denn einer so intensiven, wie sie der einer gepulverten Masse im obigen Experiment entspricht, ausgesetzt gewesen, so dass an ein Entstehen salziger Urmeere keineswegs gedacht werden darf.

Wir haben also als feste Interpolationspunkte: Anfangs Salzgehalt im Meere = 0 und heute $3\frac{1}{2}$%; es handelt sich nun darum, die Progression der Versalzung auf die einzelnen Perioden richtig zu vertheilen, und da müssen wir zuvor erklären, wie die Versalzung der Oceane entstand. Dies geschah durch Zerreibung und chemische Zersetzung der Urgesteine, in denen, wie die mikroskopische Untersuchung lehrte, Chlormineralien, speciell Apatit und Chlornatrium als accessorische Bestandtheile nicht selten sind. Alles befreite Chlor wandert aber infolge Auslaugung durch Regenwasser fast ausnahmslos ins Meer, wo es sich als Salz gelöst aufspeichert. Die Quarze der Urgesteine müssen indessen sehr fein zerrieben sein, wenn die meist mikroskopisch kleinen Salzeinschlüsse der Quarze und Sande befreit werden sollen und die Feldspathe der Urgesteine müssen stark zersetzt werden, wenn das chemisch gebundene Chlor befreit, bez. in wasserlösliche Verbindungen überführt werden soll. Apatit ist zwar in 10000 Theilen kohlensaurem Wasser löslich, aber er ist in den Feldspathen so fein zertheilt, dass er nur sehr langsam gelöst*)

*) Gleichwohl ist für die warmen, kohlensäurehaltigeren Urmeere anzunehmen, dass sie apatithaltig (mindestens $^1/_{10}$‰) waren. Da sie nun ausser

wird. Da nun die Gesteinsbildungen der thermohydraten und kryptobiotischen Periode durch Cementirung der krystallinischen Urgesteinsmineralien erfolgte, letztere also nur wenig zerrieben und noch weniger zersetzt*) sind, da ferner die obenaufliegenden Urgesteinsmineralien, welche zunächst verarbeitet wurden, als frei von Chloriden anzunehmen sind (da sich wesentlich nur Kohlensäure, Wasser und Luft in den Mikrofluida der jüngeren Urgesteinsquarze finden), so blieben die Meere bis zur algomarinen Periode fast salzfrei. Für die nun folgenden grossen azonalmarinen Perioden ergiebt der grössere Wasserreichthum der Meere einerseits und die unbewachsenen Continente mit inconstanten Flüssen andrerseits wohl regelmässige Sedimentablagerungen im Meere, aber geringe chemische Zersetzung; denn die klastischen Gesteine müssen über Wasser und auf den Continenten verbleiben, um besser zersetzt zu werden. Allenfalls durch feinste Zermalmung der Gesteine, wobei Thon übrig bleibt, wurden in den azonalmarinen Perioden etwas Chloride befreit und dies dürfte wohl hauptsächlich durch Abrasion der Küsten stattgefunden haben. Die Gesteinszerreibung durch trockne Winde, wie wir sie jetzt in Wüsten und Steppen finden, ist für die nackten Continente der azonalmarinen Zeit kaum anzunehmen, da sie mehr inselartig und von einer feuchten Atmosphäre belagert waren.

Erst mit Eintritt der zonalterrestrischen Perioden wird mehr klastisches Gestein auf den grösser werdenden Conti-

---

diesem Phosphat auch mehr Kalkbicarbonat und relativ zum Natron mehr Kali als jetzt enthielten, so erklärt es sich, dass sich Pflanzen und Thiere an diese Stoffe ursprünglich anpassten (Kali-Assimilation, Knochenphosphat).

*) Die sogenannten Urthonschiefer enthalten wesentlich nicht erdige, sondern fein-krystallinische Urgesteinsmineralien, besonders Aluminiumsilicate = Thonerdesilicate, aus welcher misslichen Bezeichnung der wenig richtige Name Urthonschiefer abgeleitet ist. Thon ist chemisch zersetztes Feldspathgestein und vorherrschend ein amorpherdiges Gemisch.

nenten chemisch zersetzt, welche chemische Zersetzung wesentlich durch die entstehende kohlensäurehaltigere Atmosphäre und besonders durch nun erst stattfindende Continentbewachsung und Humusbildung befördert und durch regelmässigeres Verbleiben der klastischen Gesteine auf dem Festland constant wird; ausserdem findet in diesen letzten Perioden eine progressive Salzlaugenconcentration der Meere durch Verminderung ihres Wassergehaltes infolge der steigenden Erdkrustenabkühlung und deren Regenwasserabsorption statt.

Wollen wir der Menge nach die Entstehung des Salzes aus den Felsgesteinen nachweisen, so lässt uns die chemische Geologie vorläufig im Stich, denn die meisten chemischen Analysen der Felsgesteine sind bisher insofern fehlerhaft, als letztere zur chemischen Untersuchung weissglühend aufgeschlossen werden, wobei das Chlor entweicht, und weil diese Fehlerquelle in der Regel übersehen ward. Wir wissen indess nicht blos durch die mikroskopische Geologie, dass Chlormineralien in den Urgesteinen enthalten sind, sondern erfahren auch durch die chemische Analyse der continentalen Gewässer, wieviel sie Chlor bei Zersetzung der Gesteine aufgenommen haben.

Alle Quellen, die aus Feldspathgesteinen hervorkommen, sind chlorhaltig; »sehr selten findet sich ein Mineral- oder Brunnenwasser oder eine süsse Quelle, welches nicht wenigstens Spuren von Chlorüren, meist Chlornatrium zeigt« schreibt Bischof.

Justus Roth (a. a. O. S. 438) theilt die Resultate von 207 Analysen Quellwasser aus 13 Sorten Gesteinen fast aller Formationen mit, welche dem 6. Bericht der Rivers Pollution Commission 1874 entnommen sind; demnach kommen im Mittel auf 100000 Theile Quellwasser 2,63 Chlor, also 4,33 Chlornatrium. Es sind diese Analysen noch am meisten Ver-

trauen erweckend und als Mittel so vieler Analysen ist das Resultat um so wichtiger, als dadurch die Fehlerquellen der Methoden (die hier wegen der hauptsächlich erstrebten Ermittelung der organischen Beimischungen ohnehin exacter gewesen sein müssen) sich einigermassen ausgleichen dürften, ferner besonders wichtig, weil hierbei noch keine Beeinflussung des Chlorgehaltes der Wasser durch menschlichen Beitrag vorliegt. Trotzdem ist dieser Gehalt an Chlor grösser, als er in vielen Flusswasseranalysen*) angegeben wird; es kann dies nur auf mangelhaften Methoden der Wasseranalysen

*) Bischof a. a. O. I. 271—279. Die Elbe hat 3,94, der Mississippi 6,3, die Themse 1,57—4,44—10,22, der Rhein 0,15—1,45, die Maas 1—1,50, der Lorenzstrom 1,5, der Genfersee 0,9, die Rhone 0,17—0,7, die Weichsel 0,7 Theile Chloride in 100000 Theilen. Die Spree hatte nach Finkener 1871 vor ihrem Eintritt in Berlin 2,58 und bei Charlottenburg-Spandau 3,42 Theile; Flüsse, die aus Salzgebieten kommen, haben, wie der Wüstenfluss Chélif in Algier, 43—63—338,51 Theile Chloride in 100000 Theilen Wasser. (J. Roth, Geol. 457). Obige Angabe für den Mississippi ist wahrscheinlich die richtige und die vielleicht durch einen Druckfehler (falsche Klammer) verursachte Angabe: Chlorkalium, Chlorcalcium, schwefelsaures Kali 6,3 irrig, denn sonst würde Chlornatrium fehlen und Chlorcalcium neben schwefelsaurem Kali wäre offenbar ein Irrthum); auch hat sich Bischof in der Umrechnung der Avequin'schen Angaben geirrt (Chem. Jahresbericht 1857 S. 729) insofern 3,54 grains auf 1 Gallone = 6,33 (nicht 5,40) betragen. Die Analyse ist mit Wasser angestellt worden, das einige Meilen oberhalb New-Orleans geschöpft wurde.

Die Differenzen richten sich einestheils nach der Distanz von der Flussmündung, wo die Proben angestellt wurden, andererseits nach der Länge der Flüsse; denn je länger diese sind und je grösser ihr bewachsenes Flussgebiet ist, desto chlorhaltiger werden die Flüsse. Es dürfte dies dadurch erklärlich sein, dass in den Flachländern, welche die Flüsse meist zuletzt durchlaufen, der Wasserabfluss langsamer und die Verdunstung des Regens im Flachland bedeutend grösser ist (in Böhmen z. B. läuft nach Breitenlohner nur ¼ des gesammten Regens ab, in Flachländern also noch weniger), so dass dort concentrirtere Auslaugungen des Erdbodens stattfinden und hinzufliessen. Bei einigen Flüssen, z. B. Themse, wirken wohl auch die daranliegenden grösseren

beruhen, weshalb ich im folgenden Text dieselben etwas beleuchte. Der mittlere Gehalt der aus Granit und Gneiss fliessenden Quellen ist bereits 1,69 Chlor = 2,82 Chlornatrium in 100000 Theilen. Granit, der mit gewöhnlichem Wasser behandelt, kein Chlor abgiebt, liefert, wie Struve zuerst nachwies, mit kohlensaurem Wasser behandelt, etwas Chlornatrium und Chlorkalium.

Es lässt sich folgende Wahrscheinlichkeitsrechnung aufstellen: 3432 m mittlere Meerestiefe*) $\times$ 0,035 m Meeressalzgehalt, dividirt durch 0,2 m als derjenigen jährlichen Verdunstungsmenge des Meeres, welche einem mittleren Regenniederschlag von $\pm$ 0,75 m auf den Continenten entspricht**)

Städte auf den Salzgehalt stark ein; auch ist der mehr oder minder grosse Wassergehalt in den verschiedenen Jahreszeiten zu berücksichtigen.

Ob alle obigen Zahlen zuverlässig sind, bleibt dahin gestellt; dass die Rhone weniger haben soll, als der Genfersee, ist ganz gewiss unrichtig, denn die Rhone entfliesst dem Genfersee und nimmt nach und nach wie alle Ströme, die durch Culturländer fliessen, die Abfallstoffe der Menschen direct und indirect auf, wobei man das Kochsalz auf allein 0,1—0,5 in 100000 zu rechnen hat. In einer sparsamen Haushaltung genügen 1—2 kg Kochsalz pro Kopf jährlich; wo das Salz billig ist, wie in Deutschland, wird damit verschwenderisch umgegangen, so dass dann etwa 8 kg im Mittel, einschliesslich der Industrie und des Exportes 10—14 kg auf jeden Kopf zu rechnen sind; das ist selbstverständlich nach Land und Jahrgang verschieden, denn der Consum steigert sich im Verlauf der Zeit und mit der anwachsenden Bevölkerung, was alles bei den Berechnungen, die auf den Salzgehalt der Flüsse basiren, berücksichtigt werden muss; zu solchen Berechnungen dürften sich schwach bevölkerte Flussgebiete, wo wilde Völkerschaften vorherrschen, z. B. der Amazonenstrom, am meisten eignen, da dann die Fehlerquelle menschlichen Salzbeitrages für Flüsse relativ fast wegfällt.

*) O. Krümmel, die mittlere Meerestiefe . . . Verh. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1878 S. 258—263.

**) Man darf blos die Verdunstungsmenge in Rechnung ziehen, welche dem auf dem Lande fallenden Regen entspricht, weil die Meeresregen salzfreies Wasser dem Meere liefern. Das Verhältniss der Land- zur Wasseroberfläche ist 1: $2^3/_4$, also das Land ist $^4/_{15}$ der Gesammtoberfläche.

× 0,00002 mittlerer Salzgehalt der Flüsse nahe den Mündungen, aber ausserhalb der Gezeiteneinwirkung.

Dies ergiebt rund 30 Millionen Jahre, innerhalb welcher der gesammte Meeressalzgehalt durch den Salzgehalt der Flüsse erzeugt sein würde. Indess es sind die Divisoren blos Schätzungswerthe und die Berechnung daher unsicher; man darf vielleicht richtiger 0,00004 mittleren Salzgehalt der Flüsse abzüglich des menschlichen Beitrages annehmen, dann würden nur 15 Millionen Jahre resultiren; der mittlere Regenniederschlag auf unserer Erde beträgt möglicherweise ein halb mal mehr als angenommen, dann würde mit 0,3 zu dividiren sein und es würden 20, resp. 10 Millionen resultiren.

Man kann auf exacterer Basis die Berechnung der Zeit, in welcher die Versalzung der Oceane mindestens stattgefunden haben kann, wie folgt, anstellen. Aus der Menge des jährlichen Wasserabflusses eines bestimmt grossen Flussgebietes kann mit dem Quantum der gelöst fortgeführten Chlorüre das Mittel der Salzzufuhr nach dem Meer für 1 □ Meile und aus diesem für die gesammte Landoberfläche der Erde die gesammte jährliche Salzzufuhr nach dem Weltmeer berechnet werden; diese Summe dann in den gesammten Meeressalzgehalt dividirt, ergiebt die minimale Zeitdauer von dessen Entstehung.

Wir wählen 2 extreme Beispiele für diese Berechnungsweise, um einerseits die extremen Resultate zu beleuchten, andererseits um die Fehlerquellen zu ergründen, damit diese künftig vermieden werden mögen, wonach erst eine sichere Berechnung dieser Zeitdauer und überhaupt eine erste exactere Berechnung geologischer Zeitmaasse möglich sein wird. Diese Beispiele sind das böhmische Flussgebiet der Elbe und das Flussgebiet des Mississippi. Aus ersterem würden nach einer offenbar irrigen Berechnung Breitenlohners mit 6 Milliarden cbm jährlichem Wasserabfluss nur 25320000 kg Salz fortge-

führt, was also bei 6 Milliarden cbm à 20 Ctr à 50 kg = 6000 Milliarden kg Wasser nur 0,42 Salz in 100000 Theilen Wasser ergeben würde, und mit der Angabe Bischof's von 3,94 fast um das Zehnfache differirt; vielleicht hat auch ein solcher Rechenfehler um das Zehnfache, bez. eine Decimalstelle stattgefunden*), denn der Consum Böhmens an Salz beträgt viel mehr, als dieser angegebene unfreiwillige Export durch die Elbe. Auch beträgt der Chlorgehalt der aus dem Felsen kommenden Quellwasser nach zahlreichen englischen Analysen bereits 2,63 (= 4,33 Chlornatrium).

Breitenlohner hat in den Verhandlungen der K. K. geologischen Reichsanstalt 1876 S. 172 berechnet, wie viel aus dem 880 geogr. Quadratmeilen grossen böhmischen Flussgebiet jährlich durch die Elbe feste und gelöste Substanzen fortgeführt werden. Die Analysen sind in Lobositz gemacht, oberhalb welchem Ort noch ein Flussgebiet von 60 Quadratmeilen liegt; die auf 6 Milliarden Wasserabfluss berechneten Summen der Bestandtheile würden demnach um $^{60}/_{880}$ oder etwa $^{1}/_{15}$ zu vermehren sein. Doch lassen wir diese kleine Fehlerquelle ausser Acht. Die Wasserproben sind während 12 Monate regelmässig entnommen, einzeln und summarisch geprüft. Die Berechnung ergab 547,14 Millionen kg feste,

*) Dass ein solcher oder in der analytischen Methode begründeter Fehler vorliegt, ergiebt sich auch noch aus anderen Angaben von Breitenlohner: in einer Tabelle werden auf 6 Milliarden cbm Wasser 622,68 Millionen kg gelöste Substanzen, in der folgenden Tabelle an „landwirthschaftlich wichtigen Mineralkörpern" (Kalk 137,40, Bittererde 26,40, Kali 30,18, Natron 34,14, Schwefelsäure 45,42, und Chlornatrium 25,32 Millionen kg) gelöst nur 298,86 Millionen kg angegeben, so dass sich ein Deficit von 323,82 Millionen kg herausstellt; wenn man nun die ausgeglühten flüchtigen Substanzen von 140,70 Millionen kg, in denen jedoch ein bedeutendes Quantum Chloride enthalten sein könnte, abzieht, so bleibt immer noch ein Deficit von 183,12 Millionen kg, ein Quantum das für die sonst noch minimal gelöste Kieselsäure und die sonstigen untergeordneten Bestandtheile doch nicht in Anspruch genommen werden darf.

622,68 Millionen kg gelöste, bez. 978 Millionen kg fixe und 192 Millionen kg flüchtige Substanzen. Im Glühverlust mit den flüchtigen Substanzen befindet sich auch der Wasserantheil, welcher bei dem Trocknen nicht entweicht. Sollten sich nicht aber auch in der ungeheuren Menge der flüchtigen (organischen) Substanzen beträchtliche Quantitäten von Chlorammonium (Salmiak) befunden haben? Ich halte dies für wahrscheinlich, weil das von Menschen genossene Kochsalz zum Theil im Magen zersetzt wird und die menschlichen Excremente stark ammoniakalisch sind. Darin könnte also schon eine recht bedeutende Fehlerquelle liegen, denn jenes Chlor ist dann quantitativ nicht festgestellt. Ausserdem wissen wir nicht, ob nicht auch chlorhaltige Kohlenhydrate in den menschlichen Excrementen und in den pflanzlichen wasserlöslichen Verwesungsproducten vorhanden sind; für letztere wäre das nicht unwahrscheinlich, da alle Pflanzen Spuren von Chlor enthalten; ihre grüne Farbe basirt vielleicht sogar darauf. Diese organischen Chloride würden aber, wie einige solche Verbindungen, wahrscheinlich bereits bei der Verdampfung das Wassers mit entweichen; auch auf diese Fehlerquelle wäre künftig zu achten. Es dürfte selbst nicht ausgeschlossen sein, dass bei der Zersetzung der Gesteine durch Humus organische Chloride (Chlorkohlenhydrate) entständen.

Wenn wir letzterem Beitrag auch keine besondere Rolle beimessen möchten, so ist doch überhaupt nicht ausser Acht zu lassen, dass es sich um quantitativ genaueste Ermittelung von Milliontel Antheilen handelt. Sind überhaupt unsere Methoden der Chlornachweisung scharf genug, um alles gelöste, bez. chemisch gebundene Chlor nachzuweisen? Wir fällen Chlorsilber durch Silbernitrat aus den löslichen Chlorverbindungen, aber bei Gegenwart von Ammoniak wird Chlorsilber leicht gelöst; bei Gegenwart von Salmiak oder von kohlensaurem Kali wird es unvollkommen gefällt;

das theilweise gelöste Chlorsilber kann man nun durch Zusatz von etwas Salpetersäure wieder ausscheiden. Dass nun eine solche Ansäuerung mit Salpetersäure immer gehandhabt worden ist, dürfte kaum für die bisherigen Analysen anzunehmen sein. Streng genommen müsste, um etwaige leichtflüchtige Chlorverbindungen vor dem Verdampfen zu bewahren, angesäuertes Silbernitrat schon vor dem Eindampfen zugesetzt werden und das gefällte Chlorsilber von den sonstigen trocknen Substanzen nach der Eindampfung durch Ammoniak gelöst, durch Salpetersäure wiederum ausgeschieden und so sicherer berechnet werden. Auch dürfen bei diesen Analysen nur kalte Auswaschungen des gefällten Chlorsilbers vorgenommen werden, da Chlorsilber, welches bei 15° C. noch in Wasser völlig unlöslich ist, in siedendem Wasser eine relativ grosse Löslichkeit besitzt. (Roth a. a. O. S. 57.)

Man sieht, welche ungemeine Vorsicht nöthig ist, um richtige Resultate zu erzielen; Resultate bei denen Differenzen in der 6. Decimalstelle ganz beträchtliche Unterschiede in der Berechnung der Zeitdauer der Meeresversalzung zur Folge haben.

Doch führen wir das Exempel ohne Rücksicht auf die dargelegten Fehlerquellen zu Ende. Es befinden sich unter diesen Substanzen, die jährlich jenes Gebiet durch die Elbe verlassen, angeblich nur 25,32 Millionen kg Chlornatrium, so dass also im Mittel jede einzelne Quadratmeile 28773 kg oder rund 575 Centner Kochsalz dem Meere jährlich liefert. Da nun das Areal der 5 Continente (nach H. Wagner, einschliesslich der von Krümmel auf 21000 Quadratmeilen geschätzten Polarländer, die früher der Regen-Erosion unterlagen und jetzt der Gletscher-Erosion unterworfen sind) 2475000 Quadratmeilen beträgt, so würden bei durchschnittlich gleicher Chlornatriumlieferung durch alle Flüsse wie aus Böhmen jährlich 1423125000, also nahezu 1 1/2 Milliarde Centner Chlornatrium

dem Meere zugeführt. Da ferner das Meer in 3100000 Cubikmeilen à 408 Milliarden cbm = 1264800000 Milliarden Centner Wasser à $3\frac{1}{2}\%$ Salz, also 44268000 Milliarden Centner Salz enthält, so ergiebt sich, wenn man mit obiger jährlichen Gesammtlieferung des Festlandes an das Meer von 1423125000 Centner Salz dividirt, ein Zeitraum von 31 Millionen Jahre, in welchem das Chlornatrium dem Meere geliefert worden sein kann. Die Unterlagen zu dieser Berechnung enthalten indess so viele Fehlerquellen, dass das Resultat kein Vertrauen verdient.

Doch nehmen wir einmal den Fall an, es könnte die Versalzung des Weltmeeres wirklich 31 oder meinetwegen 100 Millionen Jahre gedauert haben. Läge es wohl ausser dem Bereich der Möglichkeit, dass seit Anfang der biotischen Perioden solche Zeiträume verflossen sein können? Ob wir nun mit Darwin—Croll nur 60 Millionen oder ob wir 100 Millionen Jahre dafür annehmen, so kommen wir gleichwohl zu Zeiträumen, die uns unfassbar sind, und doch haben wir keinen einzigen Grund, solche Grössen, mit denen die Astronomie rechnet, nicht auch auf unseren Himmelskörper, den Erdball anzuwenden.*)

*) Als geologisches Zeitmaass könnte man am ehesten die Erdabkühlung benutzen, wenn man irgend einen bestimmten Anhalt hätte, in welcher Zeit die Erdkruste sich um einen Wärmegrad abkühlt; das ist aber nicht der Fall. Sonst benutzte man die Erosion als zeitlichen Werthmesser; diese lieferte aber einerseits auch ungeheure Zeiträume, andererseits ist die Erosion in den verschiedenen Perioden ungleichartig gewesen und ausser der Erosion spielt bei Beurtheilung der Meeressedimente die Abrasion der Küsten eine bedeutende, bei solchen Berechnungen aber völlig vernachlässigte Rolle. Während in der 2. und 3. Periode die Meeressedimente hauptsächlich nur durch Zusammenschwemmung loser Krystalle, die aus der 1. Periode obenauf übrig geblieben waren, sich zusammenbauten, war in der 4.—6. Periode die Abrasion der wesentlichste Factor dafür; denn auf nacktes Gestein, wie es die damaligen Continente nur hatten, wirkt die Erosion äusserst langsam und dieses langsame Erodiren

Wir könnten von der Theorie der ausschliesslichen allmählichen Meeresversalzung durch Felsenzersetzung ganz absehen, denn einerseits bedingt schon der frühere mindestens doppelt so grosse Wasserreichthum der Oceane eine solche Schwächung des Meeressalzgehaltes und andrerseits kann ein Antheil der Meeresversalzung durch die Felsenzerstörung, der zur weiteren Salzarmuth ältester Oceane führt, zum Mindesten von Niemand bestritten werden, so dass sich die biologischen Thatsachen älterer Perioden, welche auf ursprünglich sehr salzarme Meere folgern lassen, auch ohne diese

---

ward noch durch das Fehlen von Kohlensäure in der damaligen Atmosphäre und auch von Kälte, die die heutige Erosion stark unterstützt, bedeutend verlangsamt. Die Abrasion der Küsten selbst wirkt selbstverständlich nicht in solcher Eile als die Erosion, denn durch die Abrasion werden nur die Küstenlinien angegriffen, durch die Erosion des Regens aber das gesammte Land. Wenn nun gleichwohl die Abrasion in der 3.—6. Periode der hervorragende Factor zur Lieferung der Meeressedimente war, (was schon daraus hervorgeht, dass die früheren Sedimente vorwiegend Transgressionen sind, die über viel grössere Strecken gleichartig ausgebreitet sind, als es bei den Erosionssedimenten — Alluvionen —, die mehr eine locale Erscheinung bei Flüssen und vor Flussmündungen darbieten, stattfindet) und da die Abrasion viel langsamer wirkt, so müssen wir uns auch für jene Perioden mit uns unfassbar langen Zeiträumen zu befreunden suchen. Mit den 60—70 Millionen Jahren, die seit dem Cambrium nur verflossen sein sollten, wie ich auch früher annahm, kommen wir wahrscheinlich nicht aus.

Als geologisches Zeitmaass ist auch die Veränderung der Organismen anzuwenden versucht worden. Doch haben wir keine Erfahrungen darüber, wie schnell sich in der freien Natur eine Species zur anderen umgestaltet. Manche Species verändern sich gar nicht (sogenannte Dauertypen) oder brauchen dazu ungeheure Zeiträume; das erkennt man aus dem Vorkommen mancher unveränderten Species durch mächtige Sedimentschichten; andere offenbar von einander stammende Species wechseln innerhalb geringer Sedimentschichten. Manche Thatsachen sprechen dafür, dass selbst innerhalb einer Gattung die Species in ungleicher Zeitlänge entstanden; ausserdem waren die Bedingungen zur Umwandlung der Species in jeder Periode andere. Dieses geologische Zeitmaass ist noch trügerischer, als das der Erosion und Temperaturabnahme.

ausschliessliche Salzzufuhr vom Lande erklären lassen würden; aber andrerseits liegen zweifellose Thatsachen vor, welche zur Annahme eines ursprünglich salzfreien Urmeeres zwingen: Wir erinnern nur daran, dass die Urgesteine aus keiner Mutterlauge entstanden sind, weil ihre Flüssigkeitseinschlüsse keine Mutterlaugeneinschlüsse sind, und dass sie trotz ihrer Zusammensinterung vor der Meeresbildung weder selbstständige Bestandtheile von Salz noch Anhäufungen unlöslicher chlorhaltiger Mineralien enthalten, wir erinnern an mächtige Urgesteinsschichten, deren gasogene Mikrofluida sogar salzfrei sind. Wir sind also aus anderen als biologischen Gründen gezwungen, die ausschliessliche Versalzung der Meere durch Felsenzersetzung anzunehmen und uns unfassbar lange Zeiträume für die phaenobiotischen Perioden anzuerkennen.

Nehmen wir nun das Exempel mit dem Mississippi vor: Der Mississippi führt nach neueren Berechnungen 19500 Milliarden*) Cubikfuss Wasser jährlich ins Meer, was bei 32

*) Vergl. „Ausland" 1882 S. 175, wo 19½ Trillionen angegeben sind; indess diese Trillionen sind nicht deutsche Trillionen, denn soviel Wasser enthält nicht einmal der atlantische Ocean; die Ausdrücke Billion und Trillion stellen bei verschiedenen Nationen ungleiche Werthe dar. Dass obige Zahl annähernd richtig ist, ergiebt ein Vergleich mit dem Amazonenstrom, der nach einer mässigen Schätzung von Martius 499584 (rund ½ Million) Cubikfuss in jeder Secunde dem Meere zuwälzt, was rund 16000 Milliarden Cubikfuss jährlich beträgt. (Vergl. Stein-Wappaeus Geogr. 1871 Brasilien S. 1234.) Es ist diese Schätzung an der Flussenge bei Obydos (Pauxis) angestellt, so dass nur etwa ¾ des Amazonenflussgebietes in obiger Zahl einbegriffen ist und also ungefähr 21000, bez. mit Einschluss des Rio Para 25000 Milliarden Cubikfuss zu rechnen wären. Nach einer anderen Schätzung, welche Wappaeus mittheilt, sollen bei dieser Flussenge sogar 3½ Millionen Cubikklafter (zu $\pm$ 100 Cubikfuss) Wasser in der Secunde durchlaufen; wir würden dann also zu einer 700 Mal so grossen Zahl gelangen, was etwa 1000 geogr. Cubikmeilen jährlich entspräche und offenbar unrichtig ist. Zwischen Maximum und Minimum der

Cubikfuss = 1 cbm, etwa 600 Milliarden cbm entspricht à 20 Centner = 12000 Milliarden Centner Wasser. Nehmen wir nun für das Jahr 1857, wo der menschliche Salzbeitrag für den Mississippi noch gering war, anstatt 63 Theilen Chloriden, zumal die S. 76 erwähnte Analyse nicht ganz sicher ist, nur 50 Theile Salz in 1 Million Theilen Wasser an, was wahrscheinlich unter dem thatsächlichen Verhalt stehen wird, so liefert der Mississippi jährlich 600 Millionen Centner Salz ins Meer und entzieht 10000 Centner Salz im Mittel jeder Quadratmeile seines Flussgebietes, welches rund 60000 geogr. Quadratmeilen beträgt und z. Th. — in den Steppen — unvollkommen entwässert wird. Die Continente plus Polarländer zu 2475000 Quadratmeilen à 10000 Centner Salz pro Quadratmeile demnach berechnet, würden eine jährliche Salzbereicherung des Meeres von 24¾ Milliarden Centnern ergeben. Dieser Betrag in den gesammten Salzgehalt des Meeres von 44268000 Milliarden Centner dividirt, ergiebt noch nicht 2 Millionen Jahre.

Wir halten alle diese Wahrscheinlichkeitsrechnungen noch nicht für genügend; gewiss aber wird es gelingen, unter Vermeidung der angedeuteten Fehlerquellen exactere Resultate zu erlangen. Soviel ergiebt sich indess schon jetzt, dass eine Unmöglichkeit der allmählichen Meeresversalzung nicht vorliegt. Bevor wir nun andere Wahrscheinlichkeitsrechnungen über die allmähliche Meeresversalzung anstellen, wollen wir die Salzbildung in Steppengebieten erörtern.

Der Mississippi dürfte einer der salzreichsten der grösseren Flüsse sein, weil er, bez. der dazu gehörige Missouri mit seinen Zuflüssen, ein mächtiges Steppengebiet, die Prairien nebst einer Anzahl Salzsteppen, entwässert. Nun wäre

Wasserstände dieses Flusses kommen allerdings nach Agassiz Differenzen bis zu 27 Meter vor; vielleicht liegt darin der Unterschied in den Schätzungen. Wir legen vorsichtigerweise obigen Berechnungen die Minimalzahlen zu Grunde.

es ein grosser Irrthum anzunehmen, dass das Salz der Salzsteppen noch ein Rest früheren Meeresbodens sei. Die Auslaugung des letzteren müsste ja schon binnen Kurzem und bereits in der Nonärzeit, nachdem er über Meeresniveau erhoben und noch directen nahen Abfluss ins Meer hatte, vollständig erfolgt sein, besonders bei dem grossen Entwässerungsgebiete des Missouri, welches kein Hochplateau, sondern eine hochansteigende schiefe Ebene ist. In der Regel treten überhaupt die Salzefflorescenzen nicht auf ursprünglichem Meeresboden, sondern im hochaufgelagerten, subäolisch entstandenen Lössboden dort auf, wo stellenweise etwas lehmiger oder undurchlässig steiniger Untergrund ist.

Noch weniger vermögen wir der wunderlichen Ansicht zu huldigen, dass der Ursprung der Salze abflussarmer Gebiete, deren sämmtliche Gewässer ziemlich chlorürhaltig sind, in denjenigen Wasseratomen zu suchen sei, welche aus der Brandungszone mechanisch in die Wolken überführt worden seien (Posepny's Hypothese in den Verh. d. K. K. Geolog. Reichsanstalt 1877 S. 222). Dieses zerstäubte Meerwasser ist an sich relativ unbedeutend und steigt weder so hoch, noch ist es so fein zerstäubt, dass es in der Luft schwebend verbliebe und mit den Wolken fortgeschleppt würde. Mir ist nur ein einziger Fall bekannt, dass Wasser so fein zerstäubt wird und hoch emporgeschleudert wird, um als Wolken weiterzuziehen; das ereignet sich beim Niagarafall (vergl. mein Buch »Um die Erde« S. 123), wo aber trotz der ungeheuren Wucht und Höhe dieser fallenden Wassermasse doch nur winzige Wölkchen dadurch entstehen. Mit dieser Kraft des Niagarafalls kann aber die wasserzerstäubende locale Kraft der Brandung nicht annähernd verglichen werden, und letztere erzeugt überhaupt keine salzhaltige Wolkenbildung. Der Regen ist nur dort chlorhaltig, wo chemische Fabriken, oder etwaige Vulcanexhalationen bei Eruptionen die Veran-

lassung dazu geben. Ich erwähne diese unbegründete Hypothese nur der Vollständigkeit wegen; sie basirt ausserdem auf der vielfach verbreiteten irrigen Annahme, dass die Salzsteppen durch abflusslose Gebiete bedingt seien. Der Sachverhalt ist vielmehr folgender: die Salzsteppen befinden sich auch häufig in Gebieten, die Abfluss haben und sind nur durch locale Regenarmuth bedingt; da sich nun überall einzelne abflusslose Seebecken finden, wo der Wasserzufluss geringer ist als die Verdunstung, so entstehen in den regenarmen Salzsteppen besonders leicht Salzseeen und auf Boden mit thonigem oder undurchlässigem Untergrund Salzpfützen und Sümpfe, die in der trocknen Jahreszeit hauptsächlich die Salzefflorescenzen liefern.

Die Salzentstehung durch zerstörtes Gestein tritt überall auf, nur dass sie in abflussärmeren, bez. verdunstungsreicheren Gebieten leichter bemerkt wird. Wahrscheinlich wird sie in den Steppen durch die subäolische Zermalmung der Gesteine sehr befördert, weil die trockne Zerreibung der Gesteine durch den Wind viel energischer wirkt, als deren feuchte Zermalmung. Es ist ja erklärlich, dass 2 Steine eher durch gegenseitige Reibung zerstäubt werden, als wenn Wasser dazwischen etwas mildernd wirkt; die Glasscheiben erblindende Wirkung der sandbeladenen Wüstenwinde, welche wie ein Sandgebläse wirken, ist bekannt und die subäolischen feinerdigen Lössablagerungen in China und in den Prairien und Salzsteppen der Vereinigten Staaten, welche so massenhaft auftreten, verdanken ihre Entstehung demselben Princip. Die Folge dieser ausserordentlich feinerdigen subäolischen Zermalmung der Gesteine ist aber, dass die Salzeinschlüsse, bez. der fein untermischte Apatit, in dem Sand und Grus, welcher ja meist aus Urgesteinen abstammt, mechanisch leichter befreit werden. Befördert wird diese Zertrümmerung des Steppen- und Wüstengruses durch das extreme Klima, welches in solchen

Gebieten täglich oft um 20—30° C. oder mehr schwankt und ungeheuerliche jährliche Unterschiede zwischen Wärme und Kälte besitzt. Aus diesen Ursachen also entsteht das relativ grössere Salzvorkommen in Steppen und Wüsten; ausserdem vertrocknen dort öfters Gebirgsflüsse, die dann allmählich Salzboden liefern.

Die Prairien und Salzsteppengebiete der westlichen Vereinigten Staaten mit schrägem Plateau waren nach ihrer Emporhebung über Wasser sogar eine Zeit lang mit üppigster Waldvegetation bedeckt, wie uns die in jetzt waldlosen Gebieten zerstreuten, nicht seltenen, verkieselten Reste riesiger Bäume (Sequoien), wie sie so gross jetzt überhaupt nicht mehr dort, selbst nicht in den Rocky mountains wachsen, beweisen; Riesenbäume, welche ein feuchtes Klima bedingen, und verkieselte Baumreste, welche über dem Erdboden sich meist befinden, sowie oft noch in situ dastehen, weil sie oberhalb des Erdbodens durch capillares Aufsteigen kieselhaltiger Geysir- oder heisser Quellwasser in den freistehenden Bäumen verkieselten. Eine üppige Waldflora gedeiht aber nicht auf salzigem Boden. Die salzigen Gebiete können dort also nur nachträglich infolge der später eingetretenen grossen Trockenheit entstanden sein und beruht deren Salzvorkommen wesentlich auf subäolischer Gesteinszerreibung (Staubbildung), wodurch die in den Gesteinen eingeschlossenen Chloride befreit werden.

Ob nun diese Befreiung von Chloriden der Menge nach bedeutender ist, als die häufigere Salzbefreiung aus Gesteinen durch Humus, welche infolge der regelmässigen Entwässerung nur nicht augenfällig ist, möchte ich bezweifeln; zum mindesten haben wir darüber noch keine Erfahrungen. Es ist aber immerhin nicht ausgeschlossen, dass diese subäolische Salzbefreiung aus Gesteinen bereits in der 7.—9. Periode eine Rolle spielte, während für ältere Perioden das gleichmässig feuchtwarme Inselklima auf den kleinen Continenten eine solche Erscheinung wohl ausschliesst.

Wir wollen hier noch die Bildung salziger Steppenseeen besprechen, insofern daraus hervorgeht, dass die Salzbildung der Steppen eine vom Meere unabhängige Erscheinung ist und dass Salzseeen auch ohne Meerwasserbeeinflussung entstehen. Auch das Steppengebiet, welches dem Aralsee und Kaspisee das Salz lieferte, muss nach seiner Hebung über Meer vollständig entwässert und ausgelaugt worden sein, denn der Kaspisee, welcher 26 m unter dem Niveau des Mittelländischen Meeres liegt, ist wie der Aralsee nur schwachsalzig; ausgenommen sind durch flache Dünen abgegrenzte Depressionen und Seebecken (Karabugas), wohin zeitweise das salzige Kaspiwasser übertritt und wo infolge der intensiven Verdunstung bei sparsamen Süsswasserzuflüssen concentrirte Salzlösungen, Salzlager und Salzsümpfe entstehen. Das Wasser dieser 2 grossen Binnenseeen enthält im Mittel nur 0,7 % Chloride, ist also 5 Mal ärmer daran als das Meerwasser. Wären diese Seebecken Relictenseeen, wie man zuweilen annimmt, so müssten sie Meerwasser plus nachträglich aus der Steppe zugeführten Salzgehalt (unter Berücksichtigung, dass bei Bildung dieser Becken das Meer wahrscheinlich nur 3 % Meeressalzgehalt hatte), also etwa 4 % anstatt 0,7 % haben; da man ferner die grosse Verdunstung dieser Becken zu berücksichtigen hat, so müssten sie mindestens 7 % anstatt 0,7 % Salzgehalt haben, wenn sie Relictenseeen wären. Trotz des ungeheueren Wasserzuflusses, den Europa's grösster Strom, die Wolga, dem Kaspisee verschafft, trotz der Schlammmassen, die dieser Fluss und der Uralfluss in ihm ablagern, wodurch also sein Wasserniveau steigen müsste, trotz der Unmöglichkeit unterirdischen Abflusses in das 26 m höhere Mittelmeer (an einen Abfluss ins Erdinnere kann noch weniger gedacht werden, da die Zeichen eines solchen Wasserabflusses ins Erdinnere, nämlich Vulcane in der Nachbarschaft, fehlen; ohnehin muss sein Seeboden mit dicken Schichten undurchlässigen Schlickes be-

deckt sein), so ist doch das Niveau des Kaspisees infolge der ausserordentlichen Verdunstung in stetem Fallen begriffen; nach Stein-Wappaeus war im vorigen Jahrhundert sein Wasserstand 10 Fuss höher als 1830 und von 1830—1861 ist er nach Roth um weitere 3,3 Fuss gefallen. Die Alten*) gaben ihn schon als Süsswassersee an und Bischof hat gewiss Recht, wenn er (I, S. 312) sagt „das Kaspische Meer erscheint demnach als ein ehemaliger grosser Süsswassersee, dem im Laufe der Zeit durch seine Flüsse die Bestandtheile zugeführt worden sind, welche sich in ihm finden". Irrig wäre es aber anzunehmen, dass die um den Kaspisee befindlichen Salzanhäufungen und die daraus resultirenden Salzquellen ihm den Salzgehalt verschafften; denn diese sind blos Producte des Kaspiseewassers und durch dessen allmähliche Wasserabnahme isolirt, während die Steppensalze, welche durch subäolische Gesteinszerreibung entstehen, ihm ausser der Wolga und dem Uralfluss, deren Wassermassen ja auch dort fortwährend verdunsten, allmählich das Salz lieferten.

Da die tiefsten Stellen des salzarmen Kaspisees etwa 1000 m betragen, und da das salzreiche Mittelmeer ein 26 m höheres Niveau hat, so war früher das ganze Kaspibecken entweder mindestens 1000 + 26 m über dem Meeresniveau erhoben oder aber die Depression des Kaspisees und

*) Strabo, Plinius u. A. Manche glauben zwar, dass die Alten damit das Wasser an den Flussmündungen des Kaspisees gemeint hätten, als sie sein süsses Wasser rühmten; indess diese gezwungene Erklärung ist unnöthig, denn bei einer Wasserabnahme des Seespiegels von 1 Fuss in 10 Jahren, also 190 Fuss in 1900 Jahren, wobei sich die Grösse des Seees und dessen Inhalt mit seinem geringen Salzgehalt — denn jedes Süsswasser ist schwach salzhaltig — auf vielleicht den 3. Theil beschränkt hat, wäre es unter Berücksichtigung des nachträglichen Salzbeitrages aus der Steppe und durch die Wolga wohl möglich, dass der Salzgehalt von 0,7% erst seit dem Alterthum entstanden ist und der Kaspisee damals noch gutes Trinkwasser gehabt hat.

seines Zuflussgebietes, welches im Niveau des anderen Flachlandes lag, hat sich nachträglich gebildet. In beiden Fällen empfing dieses Becken aber kein Meerwasser, sondern nur Zuflüsse aus Gebieten, die vorher entwässert waren; im ersten Fall entwässert infolge der höheren Lage von mindestens 1026 m über Meer; im zweiten Fall müssen diese vorherrschend flachen Gebiete, wie die anderen flachen Gebiete Russlands, welche keiner Depression unterlagen, vorher nach dem Meere zu entwässert worden sein. Man ist deshalb nur berechtigt, die Salzanhäufungen in jenen Gebieten als nachträglich entstandene, nicht aber als Relictenbildungen aufzufassen; bei irgendwelcher Relictenbildung müsste der Salzgehalt dieser Seeen etwa zehnmal grösser sein. Selbst, wenn man annehmen wollte, ein Meeresgrund würde mit einem Male so hoch und abgeschlossen erhoben, dass er nicht vollständig entwässert würde — ein ziemlich unwahrscheinlicher Fall —, so könnte er doch nicht plötzlich ein dürres Steppenklima erhalten haben und ehe dieses eingetreten wäre, müsste der relicte Salzgehalt des Bodens sich in den tiefsten Depressionen angesammelt haben, sodass also salzreiche Binnenseeen und salzlose Steppen entstanden sein müssten; beides ist beim Kaspisee und Aralsee und deren Steppengebiet nicht der Fall; es hat dort nachträgliche Steppensalzbildung und Seeversalzung stattgefunden. Die Salzlager, die in jenem Gebiete sich bildeten sind also keine Ausscheidungen aus dem Weltmeer, weder direct noch indirect. Dieses scheint sich auch aus dem verschiedenartigen Salzgehalt zu ergeben; wie wir ausführten, enthalten die vom bewachsenen Festlande abfliessenden Gewässer wenig Kali, wenig Kalk, bez. Magnesia, weil die Pflanzen und ihre Dammerde Kali absorbiren und Kohlensäure aus den Bicarbonaten entziehen, also Kalk und Magnesia niederschlagen und auf dem Lande zurückhalten. Dagegen müssen Gewässer, die aus Steppen und Wüsten kommen, wo

der Salzgehalt durch subäolische Gesteinszerreibung in der Hauptsache befreit wird, reicher an Kali, Kalk und Magnesiaverbindungen sein und das ist in der That auffallend der Fall. J. Roth. (a. O. S. 466) schreibt: Setzt man die Menge des Chlors = 100, so beträgt nach C. Schmidt:

	Mittel des Südbeckens des Kaspi	Oberfläche des Oceans. Mittel.
Schwefelsäure	47,54	11,88
Kalk	7,63	2,93
Magnesia	23,67	11,03
Natron	79,21	(74,92)
Kali	1,56	(0,19)

Mithin ist relativ 2,6 Mal soviel Kalk, 2,1 Mal soviel Magnesia und 8,2 Mal soviel Kali darin enthalten als im Meerwasser. Ich muss jedoch bemerken, dass hierbei im Kaligehalt ein methodischer Fehler vorzuliegen scheint, denn nach Schmidt's Angaben laut Roth's Wiedergabe steht Chlornatrium zu Chlorkalium im Kaspisee 62,70:1,04 = 100:1,7 und für das Meer würde sich aus obigen 100:0,2 ergeben, während derselbe Gehalt im Meere sich nach anderen Analysen wie 100:5 verhält; da indess die Analysen des Kaspisees und des Oceans seitens Schmidt demselben Fehler unterliegen dürften, so wird wohl das obige Verhältniss 8,2 Mal soviel Kali im Kaspisee als im Meer wenig alterirt werden.

Nun sind einige Versuche gemacht worden, die Salzarmuth und Wasserabnahme des Kaspisees anders zu erklären, welche wir noch zu besprechen haben: Pallas erklärte die Wasserabnahme durch Verdunstung und Einsaugung durch den sandigen lehmigen Boden; das letztere kann nicht zugegeben werden, weil die Existenz aller Teiche und Seeen in sandigem Boden darauf beruht, dass sich der schlickige Lehm und Thon am Boden und an den Umfassungen der sandigen Bassins zwischen Sand, bez. anderen durchlässigen

Gesteinen infolge der anfänglichen Einsickerung einlagert und sie sehr bald undurchlässig macht. Schleiden und später Ochsenius*) nahmen an, dass eine partielle Entsalzung durch Seitenbassins, insbesondere im Karabugasbassin, neben dem Kaspisee stattfinde, indem über eine Barre fortwährend etwas Kaspi-Wasser in das Karabugas-Bassin überfliesse, welches durch reiche Verdunstung in dem sonst zuflusslosen Bassin das Salz als Steinsalz auf dem Boden des Bassin ablagere. So sollten überhaupt alle grösseren Steinsalzlager entstanden sein, denn, — so raisonnirt Ochsenius, welcher die Schleiden-sche Hypothese weiter ausbaut, obwohl er die Richtigkeit von dessen Berechnungen bezweifelt — z. B. das ehemalige norddeutsche Salzwasserbassin (Sachsen — Teutoburger Wald — Helgoland — Ostpreussen) isolirt und 720 Fuss tief angenommen (also etwa so gross als das rothe Meer oder der Kaspisee), könnte doch nur nach dessen Austrocknung ein 12 m mächtiges Steinsalzlager erzeugt haben; die Barrenbildung stellt er sich hauptsächlich an Meeresküsten durch Dünen vor. Es liegen in diesen Annahmen eine Anzahl Widersprüche und falsche Voraussetzungen.

Zunächst sei hervorgehoben, dass der Aralsee, welcher 70 m über dem Kaspisee liegt, mit ihm früher wahrscheinlich ein grosses Binnenmeer gebildet hat, jedenfalls aber durch den alten Lauf des Oxus in den Kaspisee Abfluss fand, also völlig durch die Flüsse Syr Darja und Oxus ausgesüsst gewesen sein muss und dass er trotzdem jetzt wieder salzig geworden ist, sowie kein einziges solches Salzbassin neben seinen Ufern analog dem Karabugas besitzt. Also völlige Aussüssung, erneuerte Versalzung und keine Salzentziehung! Dann liesse sich leicht berechnen, dass selbst, wenn die Hypothese Schleiden-Ochsenius richtig wäre und das ehe-

*) Ochsenius. Die Bildung der Steinsalzlager. 1877.

malige vereinigte Aralkaspibinnenmeer, welches allmählich durch Verdunstung auf das heutige Niveau reducirt worden ist, Meerwasser gewesen wäre, dass das flache Karabugasbassin dann das resultirende Salzquantum nicht hätte fassen können. (Schätzungsweise 40000 geogr. Quadratmeilen, mittlere Tiefe 80 m, 3% Salzgehalt liefert eine 2,4 m hohe Schicht Salz; das Karabugasbassin zu 200 Quadratmeilen angenommen, müsste also 480 m hoch damit bedeckt sein; nimmt man nach bisherigen Angaben das Bassin nur 2—3000 Quadratseemeilen gross an, so müsste die Salzschicht fast doppelt so hoch sein). Ob überhaupt ein grosses Salzlager auf dem Grunde des Karabugas existirt, ist noch fraglich; Ochsenius führt blos an, dass man einmal einen Gypskrystall mit etwas anhängendem Steinsalz heraufgezogen habe; wenn sich überhaupt ein ungeheures Salzlager am Boden des Karabugas gebildet hätte und wenn, wie Ochsenius voraussetzt, durch eine Unterströmung (welche indess wegen der geringen flachen Einströmung ausgeschlossen ist) die leichtlöslichen Kali- und Bittersalze aus dem Karabugas nach dem Kaspisee flössen, so müsste das Kaspiwasser eine Lauge von Kalisalzen und Bittersalzen sein, was auch nicht der Fall ist. Wir können zugeben, dass sich etwas Steinsalz am Grund des Karabugas ablagert, aber damit wäre noch keineswegs eine Entsalzung des Kaspisees auf 0,7% bewiesen. Der parallele Fall des Aralsees, der jede Entsalzung durch Seitenbassins ausschliesst und die nachträgliche Versalzung des Wassers zweifellos beweist, spricht namentlich dagegen.

Ausserdem entspricht diese angenommene Salzlagerbildung keineswegs der Bildung grosser Steinsalzlager; vor allem ist die Voraussetzung irrig, dass ein isolirtes Salzwasserbecken nicht so mächtige Salzlager wie das von Stassfurt und Sperenberg bilden könne, denn das Salz breitet sich nicht gleichmässig zu einer Schicht auf dem Seeboden aus, sondern die durch Verdunstung entstehenden Salzlaugen müssen bei

der successiven Austrocknung des etwa abgeschnittenen Meerbusens den tiefsten Stellen zufliessen, sodass sich nur an einzelnen Stellen mehr oder minder grosse Salzlager ausscheiden. Wenn Manche weitausgedehnte unterirdische Salzlager annehmen, so ist das ungerechtfertigt. Die abnorme Mächtigkeit des Sperenberger Lagers beruht wahrscheinlich darauf, dass es aufrecht gerichtet und so durchbohrt worden ist; der sogenannte „Salzberg“ bei Cardona in Spanien verdient diesen Namen keineswegs, denn es ist, wie ich gesehen, ein in der Mitte etwas gehobenes Salzlager, das zum grössten Theil von den steinigerdigen Sedimenten noch bedeckt ist und nur an einigen relativ kleinen Stellen zu Tage tritt, wo es steinbruchartig erscheint und verwendet wird. Das rothe Meer (8075 geogr. Quadratmeilen, $^1/_{17}$ Meile im Mittel tief — nach Krümmel im Mittel 0,444 km tief —, 4% Salzgehalt), könnte nahezu 20 Cubikmeilen Salz liefern, wogegen die bekannten Salzlager kaum in Betracht kommen dürften. Ferner würde ein successives Ueberlaufen von Salzwasser in ein Verdunstungsbassin keine solche Salzlager verursachen wie z. B. die von Stassfurt und der benachbarten Lager. Dort sind es 3 im Verlauf von vielen Jahrtausenden erfolgte Ablagerungen gewesen, welche 3 mehr oder minder grossartig ausgeprägte, bez. erhalten gebliebene Serien: Salzthon, Anhydrit, Steinsalz, Abraumsalze (Kali-, Magnesia- und andre Salze) verursachten, welche Serienantheile sich an einzelnen Stellen in mächtigen Schichten ablagerten, z. B. Kalisalze sind bis zu 140 m mächtig erbohrt, Anhydrit hat sich zeitweise bis zu 117 m angehäuft, Steinsalz kommt bis zu 228 m mächtig vor, Salzthone bis 80 m.

Hierbei sind 2 Punkte besonders zu beachten, nämlich dass die Salzthone (bez. Mergel) keine Salzbassins ohne einmündende Flüsse anzunehmen gestatten, wie das beim Karabugas-Bassin der Fall ist oder wie es manchen Seesalzlagunen

entspricht, sondern nur die Annahme zulassen, dass die Ausscheidung des Steinsalzes auf Grund von Seeen stattfand, in die gleichzeitig starke Flüsse mündeten, nur dass deren Wasserzufluss viel geringer als die Verdunstung des Seees war. Ferner ist zu beachten, dass der Anhydrit eine Ablagerung in tiefem Wasser bedingt, denn er scheidet sich erst unter 10 Atmosphärendruck = 100 m Wassertiefe als solcher, sonst nur als Gyps ab. Ohnehin weisen die oben citirten Zahlen der Mächtigkeit einzelner Salzablagerungen auf tiefe Bassinbildung hin.

Bei Ochsenius' Hypothese bedingt aber die sandige Barrenbildung flache Meereslagunen. Wenn durch langsame Hebung ein durch Felsen isolirtes Meerwasserbassin entsteht, brauchen wir diese Barrentheorie nicht; dann ist die Steinsalzbildung durch einfache Austrocknung viel wahrscheinlicher. Sandige Dünen und Barren bilden sich blos an Flachküsten, schliessen also tiefe dahintergelegene Bassins aus; ausserdem bilden sich grössere Haffs und Lagunen nur oder haben sich nur gebildet, bez. die Dünen stehen von der Küste ab, wenn ein Fluss sich zwischen Dünen und Festland drängt; dieser aber vereitelt wieder in solchen im Verhältniss zum Wasserzufluss kleinen Bassins die Salzwasserconcentration und Salzablagerungen. Ueberhaupt bilden die Lagunen und Haffs neben dem Meere nirgends Steinsalz, sondern Haffs lagern gar kein Salz ab und die Lagunen höchstens Seesalz; das erklärt sich leicht, weil Steinsalz eine ruhige Bildung von tiefen Bassins trockner Gegenden ist, wogegen die Lagunen neben dem Meere flach, von regelmässigen Land- und Seewinden bewegt sind und wegen der unmittelbaren Meeresnähe sich fast nie in solch trocknen Gegenden befinden, dass die Austrocknung die feuchten Niederschläge beträchtlich überwiegt; selbst am rothen Meere, z. B. bei Suez, das mitten im Wüstengebiet liegt, entsteht, wie ich beobachten konnte, nur Seesalz, nicht aber Steinsalz.

Ochsenius' Barren-Hypothese ist aber auch sonst nicht auf das Stassfurter Steinsalzlager anwendbar; die Annahme dreimaligen Meereseinbruches durch Sturmfluthen, welcher er schliesslich (S. 148—150) huldigt, ist noch problematischer; dazu bedarf es auch keiner besonderen Barre und ist diese schliessliche Abänderung der Barrenhypothese der ursprünglichen kaum noch ähnlich. Gehen wir auf seine ursprüngliche Hypothese ein, lassen wir es gelten, dass permanenter geringer Zufluss über die Barre stattfinde, so könnten sich doch nur solche Steinsalzlager bilden, wie sie in übersättigten kleinen Steppensalzseeen mit permanentem oder intermittirendem Zufluss salziger Wasser entstehen, nämlich häufig abwechselnde Schichten von (Salzthon,) Gyps, Steinsalz, Abraumsalzen; denn wenn das Wasser übersättigt ist und der Gyps sich ausgeschieden hat, scheidet sich das Steinsalz aus, dann die Abraumsalze; fliesst nun immer aufs Neue Meerwasser oder salzige Gewässer hinzu, so müssen sich aufs Neue abwechselnde schwächere Schichten von (Schlamm) Gyps, Steinsalz und Abraumsalzen bilden, — wovon letztere seltener zur Ausscheidung gelangen, weil sie von Frühjahrswässern leicht wieder aufgelöst werden — nicht aber so mächtige Ablagerungen, wie oben erwähnt; solche erklären sich nicht als eine permanente, sondern nur als eine 3 Mal wiederholte, also periodische Bildung. Am Eltonsee dagegen sind über 100 schwache Salzschichten.

Nun wären die Annahmen in Erwägung zu ziehen, ob mächtigere Salzlager durch Meeresbusenisolation oder Meereseinbruch veranlasst sein könnten. Eine einmalige Meeresbusenisolation durch langsame Hebung, falls am Meeresboden ein durch Felsenconfiguration isolirtes Bassin existirt, wäre nicht undenkbar und bei dessen Austrocknung könnte eine, aber nur eine einzige Steinsalzserie entstehen; zur 2. 3. und folgenden Serienablagerung von Thon, Gyps, Salz etc. wäre jedesmal wiederholt Senkung und Hebung erforderlich, also

Katastrophen, die erneuerte Salzserienablagerung an ein und derselben Stelle unmöglich machen. Die Meereseinbrüche durchbrechen, wenn sie mächtig sind, das Ufer, veranlassen also keine isolirten Meeresbecken; sind sie aber nur mässige Sturmfluthen, so bilden sie wiederum nicht grosse isolirte Salzseebassins im Festland, wie sie zur Erklärung grosser Salzlager erforderlich sind.

Wir bedürfen aber der bis jetzt nur hypothetischen Isolationen von Meerestheilen im Binnenlande nicht, die durch irgendwelche Katastrophe herbeigeführt werden, wobei es doch fraglich bleibt, ob bei der Katastrophe die ungeheure schwerwiegende Masse des hypothetisch isolirten Meerwassers das entstehende Hinderniss zum Abfluss des gesammten Meerwassers nicht sollte beseitigt haben. Wir können nämlich die dreimalige grossartige Salzserienbildung des Stassfurt-Egelner Gebietes durch klimatische Veränderungen und ohne Katastrophe erklären: Nehmen wir an, dass die subäolische Steppensalzbildung bei vorwiegend trocknem Klima längere Zeit vor sich gegangen sei und — wie es jetzt mancherorts der Fall ist — eine Anzahl kleine Salzseeen und Salzsümpfe verursacht habe; wenn nun eine Zeit lang etwas feuchteres Klima eintrat, doch nicht so feucht, dass die Depression oder ein abflussloses Gebiet mit Niederschlägen völlig erfüllt und ins Meer entwässert ward, so müssen die einzelnen Salzseeen und Salzsümpfe durch mässig vermehrte Regen wasserreicher geworden sein, sodass sie ihre Isolation und ihren Salzgehalt verloren, der sich in einem grösseren Binnensee ansammeln musste. Bei wiedereintretender grosser Trockenheit konnte sich dann dessen gesammter Salzgehalt an wenigen tiefsten Stellen in grösseren Quantitäten ablagern. Dieser mässige Klimawechsel, dreimal wiederholt, scheint uns ein solches wiederholtes Ablagern grofser Salzquantitäten besser zu erklären, als wiederholte katastrophenartige Einbrüche von ungeheuren Mengen Meerwassers;

während successives Eindringen von Meerwasser, wie gezeigt, für Steinsalzbildung noch unwahrscheinlicher, zum mindesten auf die Ablagerung Stassfurt-Egeln nicht anwendbar ist. Wenn der Kaspisee vertrocknete, was z. B. bei einer geringen Flussverschiebung der Wolga mit Mündung in das Asow'scheMeer gar nicht'unmöglich wäre, so würden dadurch wohl beträchtliche Salzlager entstehen, die aber ihren Ursprung nicht aus Meerwasser, denn der Kaspisee ist kein Meer, noch enthält er Meerwasser, sondern hauptsächlich aus subäolisch entstandenem Steppensalz und dem Salzbeitrag durch die Wolga und den Uralfluss hätten.

Wenn wir nun auch für die jetzige Periode und jedenfalls auch seit der Septimärzeit, in welcher die Entwickelung der trocknen Klimata begann, die Steinsalzlager als durch continentales Klima veranlasst innerhalb der Continente selbst entstanden erkannt haben, so würde es doch irrig sein, dieselbe Entstehungsweise der Salzlager für ältere, also azonale Perioden ohne trocknes Klima anzunehmen. Und doch finden sich, wiewohl sehr selten, im oberen Silur und im Devon Vorkommnisse von Steinsalz, so namentlich oder vielleicht alleinig im Nordosten der Vereinigten Staaten, etwa von Virginia bis Ontario. Die überwiegende Austrocknung zuflusserhaltender Binnenseen und überhaupt jedwelche Austrocknung von Salzwasser kann damals nur durch die Erdkrustenwärme, welche im Silur an der Erdoberfläche etwa 40—30° C. oder mehr betragen hat, erfolgt sein. Dass dies nur innerhalb isolirter Continentalseen, die vorherrschend mehr Verdunstung als Wasserzufluss hatten, geschehen konnte, ergiebt sich aus dem Profil der bekannten ältesten Steinsalzablagerung und deren Petrefactenlosigkeit. Ein Bohrversuch*) bei Goderich in der Provinz Ontario lieferte:

*) S. Hunt, the Goderich salt region in Proceed. Americ. Instit. Mining. Engen. V, 1877.

Dolomit mit Gyps	243'	243'	—	—
Mergel	121'	—	121'	—
Steinsalz	30'	—	—	30'
Dolomit	32'	32'	—	—
Steinsalz	25'	—	—	25'
Dolomit	6'	6'	—	—
Steinsalz	34'	—	—	34'
Mergel	80'	—	80'	—
Steinsalz	15'	—	—	15'
Dolomit mit Anhydrit	7'	7'	—	—
Steinsalz	13'	—	—	13
Mergel	135'	—	135'	—
Steinsalz	6'	—	—	6'
Mergel	132'	—	132'	—
Salinagruppe	879'	288'	468'	123'
		Dolomit mit Gyps	Mergel	Steinsalz.

Diese 879' mächtige petrefactenfreie Salinagruppe mit 6 Salzlagern von zusammen 123' Steinsalz, welche von 45' Dolomit und 215' Mergel zwischenlagert, von 243' Dolomit und 121' Mergel überlagert, sowie von 132' Mergel unterlagert sind, hat über und unter sich petrefactenführende Schichten des oberen Silur und documentirt sich als eine während einer einmaligen Hebung und Senkung — dies geschah nachdem sich die unterste, bez. bevor sich die oberste petrefactenführende Schicht aufbaute — entstandene Continentalseebildung. Wenn die Salinagruppe neben und aus zufliessendem Meerwasser entstanden wäre, müsste ihr zur Petrefaction vorzüglich geeigneter Mergel, sowie der Dolomit ebenfalls Meeresthierreste enthalten; als Binnenseebildung ist der Petrefactenmangel erklärlich, weil es damals nur Meeresthiere gab; als vom Meere gefüllte Seitenbassins gleichzeitig mit Flüssen, wie es doch die Ablagerung des thonigen

Mergels bedingt, hätten sie schwerlich so salzreich werden können, um Steinsalz abzulagern. Wenn sich Carbonate und Steinsalz abwechselnd aus den Binnenseeen der Salinagruppe ablagerte, so erklärt sich das dadurch, dass sie zeitweise — während sich kein Salz ablagerte — etwas Abfluss nach dem Meere hatten, sei es durch zeitweise veränderten oder mehr Wasserzufluss oder freieren Abfluss. Also auch die ältesten Steinsalzlager sind nicht marinen Ursprunges. Wir würden aus dem Silur infolge der wärmeren austrocknenden Erdkruste viel mehr Salzlager besitzen, die ganz unabhängig vom Meere entstanden wären, wenn überhaupt zu jener Zeit grössere Continente mit mehr Binnenseebildung existirt hätten.

Nun kommen zwar in starksalzigen Gewässer keine Thiere, die Petrefacten liefern können, vor; aber dieser etwaige Einwand könnte hier nicht gelten, weil gerade die Mächtigkeit der Dolomit- und Mergelablagerungen in einer Zeit, wo sich kein Salz ausschied, grosse Wasserzuflüsse und also auch Salzarmuth für diese Zeit beweist.

Damals war indess infolge Verdunstung, welche der warme Erdboden veranlasste, dicht neben dem Meere Steinsalzbildung möglich, falls sich daneben ein tiefes Bassin mit geringem Meerwasserzufluss befand und es ist daher der Fall nicht unbedingt ausgeschlossen, dass das mindestens 900 m tiefe Bassin der Salinagruppe ausser dem Flusswasser, welches der Thon bedingt — Gyps, Dolomit und Kalk könnten z. Th. auch marinen Ursprunges sein —, etwas Meerwasser empfangen hat; nur kann das Meerwasser nicht oberirdisch zugeflossen sein, denn sonst müssten Meerespetrefacten in der Salinagruppe vorkommen; vielleicht eine Durchsickerung von Meerwasser durch hochliegende sandige Schichten in ein tiefer liegendes Bassin, in welches gleichzeitig Flüsse einmündeten ohne es zu erfüllen, wäre denkbar. Doch kann ebensowohl die Salinagruppe inmitten des Festlandes auf reiner Erosionsbildung beruhend entstanden sein.

Es dürfte gut sein, sich einmal von dem Volumen des im Ocean enthaltenen Salzes eine Vorstellung zu machen. Die Oceane enthalten also rund 3,100000 Cubikmeilen Wasser; das ergiebt bei 3 1/2 % Gehalt an Salz unter Berücksichtigung von dessen Volumgewicht (2,16) rund 50000*) geographische Cubikmeilen Salz. Nehmen wir nun an, dass durch mechanische Zerreibung und chemische Zersetzung der Felsen nur 1 % Salz entsteht, so müsste die gesammte Erdkruste von 9261000 Quadratmeilen durchschittlich in Höhe von reichlich einer halben Meile, also etwa 4000 m tief zerstört worden sein, um 50000 Cubikmeilen Salz zu liefern.

Nun, die durchschnittliche Höhe der Sedimentschichten schätzt Häckel (Schöpfungsgeschichte S. 352) seit dem Cambrium auf 82000 Fuss (rund 27000 m), während der Paläontologe Ferd. Roemer auf Grund neuerer ausführlicherer Zusammenstellung der Literaturangaben schon für die paläozoischen Perioden 82000 Fuss Sedimente bei deren vollständigen Entwickelung in seiner Lethaea geognostica angiebt, und die Continentbildungen waren im Laufe der Zeit stetem Wechsel unterworfen, die im Meere abgelagerten Sedimente wurden continental und von Neuem, bez. besser zerstört, sodass wir selbst ein noch etwas grösseres Quantum Salz — einige Cubikmeilen sind ja in Salzlagern aufgespeichert — als durch Zersetzung der Erdkruste entstanden für nicht unwahrscheinlich halten dürfen.

Es sei mir noch gestattet, die Unterschätzung, welche manche Autoren dem Salzgehalt der Flüsse und der Meeresversalzung angedeihen lassen, an einem Beispiele mit den dagegen sprechenden Thatsachen, welche diese Autoren selbst mittheilen, zu beleuchten. Justus Roth**) schreibt z. B. „die Menge der Chloride, welche dem Meere durch die Flüsse zu-

*) Nicht blos 5000 Cubikmeilen, wie man zuweilen angegeben findet.

**) Roth a. a. O. S. 462, 494.

geführt wird, ist absolut und relativ gering", ferner bemerkt er zu folgender Zusammenstellung des mittleren Gehaltes der im Wasser gelösten Substanzen (unter Ausschluss der untergeordneten mineralischen und der organischen Bestandtheile)

	Meerwasser.	Flusswasser.
Carbonate	0,21	80
Sulfate	10,34	13
Chloride	89,45	7
	100	100

„Darnach rührt die Beschaffenheit und die Menge der Salze des heutigen Oceanwassers nicht von den jetzigen Flusswässern her."

Es ist leicht die Haltlosigkeit dieser Folgerung nachzuweisen. Wenn das Meer erst gestern entstanden wäre, so würde Roth Recht haben, aber da das Meer x Millionen Jahre alt ist, so ist es erklärlich, dass der Gehalt an Chloriden sich allmählich ansammelte, denn aus dem Meer verdunstet nur chloridfreies Wasser. — Der Antheil der Sulfate giebt zu keiner Erörterung hier Anlass. Dagegen die Differenz der Carbonate scheint Roth unerklärlich zu sein. Wenn man aber bedenkt, dass das Meer äusserst arm an Carbonaten ist (nach Roth, S. 494, Kalkcarbonat 0,031--0,022 und Magnesiacarbonat 0,00217 in 1000 Theilen Meerwasser) und durch den geringen Beitrag der Flüsse daran infolge der enormen Verdünnung im Meerwasser kaum verstärkt wird, wenn man ferner bedenkt, dass für die kalkbedürftige Meeresfauna dieser minimale Gehalt und Beitrag von Carbonaten kaum genügt, (Roth theilt selbst S. 503 mit, dass der Kalk im Meere von den Meeresorganismen verbraucht wird), so wenig genügt, dass die Meereskalkfauna, wie ein Vergleich mit früheren Faunen lehrt, im allmählichen Abnehmen, bez. Aussterben begriffen ist, so wird man mir wohl beipflichten, wenn ich sage: „Trotz

dieser quantitativen Differenz in den gelösten Carbonaten, Sulfaten und Chloriden zwischen Meerwasser und Flusswasser kann doch das erstere aus letzterem allmählich entstanden sein."

Mit der Berechtigung obiger Roth'schen Folgerung müsste man auch folgern: in ursprünglich salzfreien Gebieten, sei es, dass sie nach Emporhebung über Meer sehr abflussreich waren, also ausgelaugt wurden, oder sei es, dass diese Gebiete auf subäolischer Lössbildung beruhen oder sonst keinen ursprünglichen Meeresboden darstellen, können sich keine Salzseeen und Salzsümpfe bilden. Das ist aber in verdunstungsreichen Gebieten, z. B. in den westlichen Vereinigten Staaten und nach F. von Richthofen in chinesischen Lössgebieten zweifellos der Fall; auch für den Kaspisee, Aralsee und die Salzlager der russischen Steppen ist nur diese Erklärung anwendbar und die Salzsümpfe Australiens und der Pampas, sowie die meisten oberflächlichen Salzvorkommnisse in der Sahara, in Persien und Tibet haben wahrscheinlich dieselbe Entstehungsweise.

Wenn Roth (S. 461) sagt: „So geringfügig auf den ersten Blick die von den Flüssen in Lösung dem Meere zugeführten Stoffe erscheinen (etwa $1/6000$ der Wassermenge), so wird ihre Masse durch die Wassermenge der Flüsse dennoch eine sehr bedeutende, und dazu kommt die Länge der Zeit! In 6000 Jahren bringen sie so viel Gewichtstheile ins Meer, als das Gewicht ihrer Wassermasse beträgt", so gilt das auch für die Chloride, die nach seiner eigenen Berechnung im Mittel einer Anzahl Flüsse mit 7% Antheil nehmen; es sind also $6000/7\%$, bez. da das Meer nur $3\frac{1}{2}\%$ Gewichtstheile davon hat, $\frac{6000 \times 3\frac{1}{2}\%}{7\%} = 3000$ Jahre, in denen die Flüsse unter Berücksichtigung der Verdunstung der Meeresoberfläche dasselbe Quantum Meerwasser erzeugen, als ihre jährliche Wassermasse beträgt. Nun ist diese recht bedeutend; z. B.

Ganges (bei Sicligully) nach Roth stündlich 1800 Millionen Cubikfuss, also jährlich 15768 Milliarden Cubikfuss

Mississippi*)	Minimalschätzungen	19500	„ „
Amazonenstrom	vergl. S. 84.	21000	„ „
		56268	Milliarden Cubikfuss,

was (32 Cubikfuss = 1 cbm und 1 Cubikmeile = 408 Milliarden cbm) nahezu $4\frac{1}{2}$ Cubikmeilen Wasser entspricht, bez. da Flusswasser in 3000 Jahren zu $3\frac{1}{2}$% Salzwasser im Meere wird, etwa 1 Cubikmeile $3\frac{1}{2}$% Salzwasser in 1000 Jahren gleichkommt. Diese drei Flüsse allein würden also die 3100000 Cubikmeilen Salzwasser des Meeres in 3100 Millionen Jahren zu liefern im Stande sein. Wüssten wir nun, wieviel alle Flüsse und Zuflüsse des Meeres Wasser jährlich lieferten, so hätten wir wiederum einen Anhalt zur Berechnung, in welcher geringsten Zeit das Meer zu dem heutigen Salzgehalt gelangt sein könnte. Nimmt man an, dass dem Meer nur 50mal soviel Wasser als durch jene drei Ströme zufliesse, so würden nur 62 Millionen Jahre dazu nöthig gewesen sein. Die allmähliche Versalzung der Meere durch die Flüsse ist also selbst nach den von Zweiflern mitgetheilten Thatsachen wahrscheinlich; vorstehendes Resultat gilt noch dazu für Minimalschätzungen der auslaufenden Flusswassermassen; bei mittleren Schätzungen würden sich nur einige Millionen Jahre ergeben.

In fast allen Tiefebenen der Sahara sind salz- und gypshaltige Ablagerungen, sogenannte Sebchen, bez. Salzsümpfe verbreitet, welche besonders zur Annahme eines einstigen Saharameeres Veranlassung gaben. Sie finden sich, wie Zittel kürzlich in der Zeitschrift Ausland (1883, S. 524) schrieb,

*) Roth's Angabe 19,80 Millionen Cubikfuss stündlich für den Mississippi ist offenbar um 2 Nullen zu klein; hat doch der Rhein bei Basel nach Roth schon stündlich 112 und der Ganges 87° 45′ östlich von Greenwich 1800 Millionen Cubikfuss.

«vorzugsweise in abflusslosen Niederungen, denen heute allerdings keine oder nur höchst spärliche oberflächliche Gewässer zuströmen; in früherer Zeit muss dies, wenn wir die zahlreichen Trockenthäler berücksichtigen, anders gewesen sein». Nachdem er die mannigfaltigen Gründe gegen das diluviale Saharameer angeführt hat, bemerkt er: «Die Legende vom Saharameer steht auf schwachen Füssen, denn im günstigsten Fall beschränkt sich dasselbe auf eine Einbuchtung des Mittelmeeres im Süden von Tunis und auf einen schmalen Golf im Norden der Libyschen Wüste»; ferner «Obwohl demnach mit der genaueren Kenntniss der nordafrikanischen Wüste die Möglichkeit einer vollständigen Wasserbedeckung unmittelbar vor der jetzigen Erdperiode schwindet, so sprechen doch zahlreiche Erscheinungen für eine reichliche Bewässerung, für ein fruchtbares Klima und für mächtige Wasserläufe in einer nicht allzuweit zurückliegenden Periode». «Der starke Salz- und Gypsgehalt des Bodens und die Anwesenheit von Salzsümpfen kann nicht als Beweis einer früheren Meeresbedeckung anerkannt werden». Diese binnenländische Salz- und Gypsentstehung fällt in die jüngste geologische Periode. «Salz und Gyps der Sahara», citirt er den angesehenen französischen Geologen Pomel, «sind ebensowenig Ueberreste des Meeres, als jene von Gyps begleiteten salzigen Ablagerungen auf den Hochebenen des Tell; letztere sind vielmehr entstanden aus der Concentration der Salze, welche die Gewässer in gelöstem Zustand während Jahrtausenden vom Atlas- und Ahaggargebirge herabführten». Pomel characterisirt diese Salzablagerungen als Süsswassergebilde, das theilweise nicht einmal unter einer dauernden Wasserbedeckung entstanden sei.

Ich konnte es mir nicht versagen, diese Bestätigungen meiner Ausführungen über Salzbildung im Binnenlande, welche ich erst beim Druck dieses Capitels erfuhr, noch nachzu-

tragen. Wenn Zittel vermuthet, dass jene Zuflüsse «theilweise» aus den gyps- und salzhaltigen Mergelgesteinen der Kreide und wahrscheinlich (?) auch des Devon das vorräthig aufgespeicherte Material ohne weiteres entnahmen, so kann dies vielleicht für einen oder den andern Fall stimmen, obwohl dabei nicht recht erklärlich sein würde, dass die vorherige intensive Bewässerung des Gebietes mit mächtigen Wasserläufen nicht früher schon sollte eine völlige Entsalzung desselben herbeigeführt haben. Es ist wohl möglich, dass sich in undurchlässigen Schichten eingebettete Salzlager der Kreide trotz der früheren intensiven Bewässerung der Sahara intact erhielten; es ist dann aber bei der späteren Abnahme, bez. Verschwinden der Bewässerung in hohem Grade unwahrscheinlich, dass solche Lager nachträglich der Auslaugung unterlagen. Sicherlich trifft diese Annahme von Zittel aber nicht für viele oder die meisten Fälle zu, wo die Gewässer überhaupt nicht aus solchen gyps- und salzreichen Gebieten kamen. Neben der Vertrocknung der Gebirgswässer, die allenthalben, wie jedes Süsswasser, schwachsalzig sind, spielte namentlich in der Sahara die subäolische Gesteinszerreibung eine bedeutende Rolle.

Capitel VI.

Die allmähliche Abnahme des löslichen Meereskalkgehaltes.

Die für die Entwickelung der Meeresfauna wichtige Bildung des Kalkbicarbonates in den Oceanen erklärt sich folgendermassen: Die Entstehung des Urkalkes ist gleichzeitig mit der des Granites, wenn sich auch der Urkalk hauptsächlich erst gegen Schluss der 1. Periode gasogen ausgeschieden haben mag; nur verschiedenen chemischen Wolken oder Nebeln verdanken Urkalk und granitische Gesteine ihre Entstehung; die stellenweise Wechsellagerung, ja sogar Vermischung mit Granitmineralien an den Lagerungsgrenzen von Granit und Kalk beweisen dies; auch enthält der Urkalk nur beigemischte anhydrate Mineralien, wie dies bei späteren neptunisch sedimentären Kalken nicht mehr stattfindet. Unter dem mindestens 400fachen Luftdruck einer dampfgeschwängerten Atmosphäre, welche noch dazu in ihren untersten Schichten die restirende condensirte Kohlensäure enthalten hat, ist selbst bei Rothgluth, der ja auch der Urkalk ausgesetzt war, dessen Existenz als Kalkcarbonat möglich gewesen; es würde dies, wie das Experiment beweist, schon bei starkem Dampfdruck auch ohne Kohlensäure möglich gewesen sein. Sobald sich nun die Regenmengen auf der minder heissen Erdkruste flüssig erhalten konnten, mussten nothwendigerweise relativ kalkreiche Meere, d. h. solche ent-

stehen, die relativ reich an gelöstem Kalkbicarbonat waren. Aus dieser gleichzeitigen Existenz überschüssiger Kohlensäure, welche der späteren Flora und Fauna, sowie indirect den reichen Kohlenlagern den Kohlenstoff lieferte, und durch im Meere gelöstes Kalkbicarbonat vermögen wir nur das Entstehen der überaus reichen und vorzugsweise mit Kalkgehäuse geschützten oceanischen Fauna der algomarinen Periode zu erklären; eine Fauna, welche, wie die durch schwimmende Pflanzen bedingte Ablagerung mächtiger Kalklager in der Tiefsee beweist, eine rein oceanische war. Die mächtigen Kalkschichten des hohen Oceans konnten sich nur aus Kalkbicarbonat ausscheiden, letzteres nur durch Wasserpflanzen zu niedersinkendem Kalkcarbonat zersetzt werden; diese üppige hochoceanische Flora wird auch durch die üppige, damals rein schwimmende Fauna als Erforderniss für deren Nahrung bedingt. Als nun das 2. Atom Kohlensäure von der sich entwickelnden Flora und Fauna aus dem gelösten Kalkbicarbonat des Meeres zum grössten Theil wieder befreit, bez. zu Steinkohle verwandelt worden war und die schwimmenden Meerespflanzen das meiste gelöste Kalkbicarbonat zu marinen Kalklagern verändert hatten, ein Zeitpunkt, der gegen Ende der 6. Periode eingetreten ist, fand eine mässige Erneuerung des oceanischen Kalkbicarbonates durch continentale Wasserzuflüsse statt, welche durch kohlensäurehaltigen Regen gelösten Kalk brachten. Die Zufuhr davon kann erst gegen Ende der 6. Periode und dann auch nur schwach stattgefunden haben, weil sich damals erst überhaupt — wie wir im nächsten Capitel ausführen wollen — eine neue kohlensäurehaltige Atmosphäre entwickelt haben kann.

So lange nun die Continente unbewachsen oder schwach bewachsen waren, blieben die vom Lande kommenden Kalkbicarbonatlösungen constant; mit der fortschreitenden Pflanzenbesiedelung der Continente aber wurde der Zufluss von Kalk-

bicarbonat geringer, weil auch die Landpflanzen gelöstes Kalkbicarbonat zu festem Kalk zersetzen, also die Flüsse arm an gelöstem Kalk werden mussten. Die Folge davon ist, dass in späteren Perioden viele kalkbedürftige Thiere, welche sich dem steigenden Meeressalzgehalt angepasst hatten, durch Kalkmangel des Meeres aussterben mussten; auch in kalkreichere Binnengewässer konnten sich viele solche Thierspecies nicht flüchten, weil sie inzwischen Salzthiere geworden waren. Heute führen die Flüsse ebensoviel oder mehr Gyps als Kalkbicarbonat gelöst dem Meere zu, letzteres im Mittel jedoch höchstens im Verhältniss von 1 : 10000, während die heutigen Meere nur $^1/_4$ soviel*) oder noch viel weniger enthalten.

---

*) Nach den Zusammenstellungen von Bischof viel weniger, nämlich 0,000 bis 0,002 — 0,017 — 0,055 — 0,111 — 0,83 in 100,000 Theilen; nach neueren Untersuchungen der auf der „Gazelle" in allen Meerestiefen und vielerorts gesammelten Meereswassern 0,22—0,31 Kalkbicarbonat in 10000 Theilen Wasser; vergl. Nature 1879 S. 257. Wie mir scheint, verdienen die Angaben von Bischof, weil sie von verschiedenen Untersuchern herrühren, mehr Beachtung. Wie war dagegen früher der Kalkbicarbonatgehalt des Meeres? Wie wir im nächsten Capitel berechnen, kommen bei der Bischof'schen Schätzung des Kohlenreichthums auf die damals wasserreicheren Meere dem Gewicht nach $^1/_{200}$ Kohlensäure und bei der Kohlenvorrathsannahme von John Ball nur $^1/_{32000}$. Nun entsprechen, vom chemisch gebundenen Wasser abgesehen, 44 Gewichtstheile Kohlensäure 144 Theilen Kalkbicarbonat gemäss den chemischen Verbindungsgewichten, also 1 Theil Kohlensäure verursachte 3,27 Theile Kalkbicarbonat. Es wird demnach bei der Bischof'schen Kohlenschätzung eine Lösung des Kalkbicarbonates im früheren Weltmeer von 0,0163 und bei der Ball'schen Schätzung von 0,0001 resultiren, während in den jetzigen wasserarmen Meeren nur 0,000027 nach den Gazellenexpeditionsanalysen und 0,000001 bei mittlerer Annahme aus den Bischof'schen Angaben der Meereswasseranalysen vorhanden sind. Die parallel maximalen und minimalen Schätzungswerthe würden demnach ein etwa 600 resp. 1000 Mal kalkhaltigeres Meereswasser in den ältesten Perioden ergeben als jetzt, während aus den extremsten Schätzungen ein 16000 Mal grösserer, absolut aber doch nur mässig starker (1,6%) Gehalt an Kalkbicarbonat resultiren würde.

Wenn man aber berechnet: 3422 m mittlere Meerestiefe $\times$ 0,000027 Kalkgehalt, dividirt 0,2 m jährliche Landregen-relative Verdunstungsmenge der Oceane $\times$ 0,0001 mittlerer Flusskalkgehalt, so ergiebt sich, dass erst etwa in 4600 Jahren der winzige Kalkbicarbonatgehalt des Meeres erneuert würde; bei der Annahme von 0,000001 Meereskalkbicarbonat würde dies schon in 171 Jahren erneuert; aber der Consum des von Flüssen zugeführten Kalkbicarbonates durch die kalkbedürftigen Thiere ist so stark, dass überhaupt keine Bereicherung des Meeres an Kalkbicarbonat mehr stattfindet und bei dem äusserst schwachen jetzigen Gehalt des Meeres an gelöstem kohlensauren Kalk erklärt es sich leicht, dass die jetzigen kalkbedürftigen Meeresthiere der Menge nach relativ selten geworden sind und höchstens noch die riffbauenden Korallen und in flachen Binnenmeeren die Muschelthiere relativ sparsame marine Kalkbildungen verursachen, wozu sie z. Th. gelösten Gyps verarbeiten, und es erklärt sich ferner, dass Kalklager im hohen Ocean nicht nur nicht mehr entstehen, sondern auch dass vorhandener Tiefseekalk wahrscheinlich durch Vermittelung der gypsverbrauchenden, also verdünnte Schwefelsäure ausscheidenden Meereskalkthiere aufgelöst wird. In den grössern Meerestiefen (über 4500 m) genügt offenbar schon der sehr geringe Kohlensäuregehalt der heutigen Meere und der grosse Druck der Wassersäule, um vorhandenen Kalk und kalkige Reste von Meeresthieren aufzulösen, sodass dort jetzt nur noch der „Red Clay“ entsteht.

Ausserdem ergiebt sich aber auch aus Vorstehendem, dass eine der Menge nach reiche marine Kalkfauna und eine üppige Landflora sich in umgekehrter Proportion gegenseitig bedingen, z. B. das höchst sparsame Vorkommen der jetzigen hochoceanischen Kalkfauna, welche, nicht mehr schwimmend, lediglich auf die Meerestiefe, sich beschränkt, ist bedingt durch pflanzenreiche Continente mit geringster Ab-

wässerung von Kalkbicarbonat, eine mässige solche Fauna in der 9. und Ende der 8. Periode war blos bei wenig bewachsenen Continenten mit mässiger Abwässerung von Kalkbicarbonat möglich und die noch weniger bewachsenen früheren Continente mit reichlicher Abwässerung von Kalkbicarbonat ab, besonders in der 8. Periode mit entwickelterer Kohlensäureatmosphäre, ermöglichten die früheren reichen oceanischen Kalkfaunen bis etwa zu Ende der 7. Periode, während in den der 6. und vorhergehenden Perioden der ursprüngliche Vorrath des Urmeeres an Kalkbicarbonat für eine sehr reiche hochoceanische Kalkfauna genügte.

Von solchen Organismen, die in allen biotischen Perioden existiren, sind die Brachyopoden wegen ihrer kalkigen Schalen am besten fossil erhalten; sie gestatten uns daher auch in Bezug auf Meereskalkgehalt am ehesten biologische Folgerungen; ihre Veränderungen im Laufe der geologischen Perioden würde ich unter Zugrundelegung der statistischen Angaben in Zittel's Palaeontologie, I S. 656, 717—720 (nicht S. 721, die mehrere Zahlenirrthümer enthält) wie folgt erklären:

4. Periode	(Silur) 72 Gattungen, bez. Subgenera mit 1976 Arten	Reichthum infolge ursprünglich kalkreicher Meere mit üppiger schwimmender Flora. Kohlensäureabsorption der schwimmenden Flora aus dem Kalkbicarbonat und Bildung mariner, besonders hochoceanischer Kalklager, also Verminderung des löslichen Kalkgehaltes, sowie die Temperaturverminderung des Wassers tragen zur Veränderung der Brachyopoden wesentlich bei und reduciren sie.
5. „	(Devon) 53 Gattungen, (— 40 alte + 21 neue) mit 1366 Arten	
6. „	(Carbon) 35 Gattungen (— 25 alte + 7 neue mit 871 Arten	
7. „	(Dyas) 19 Gattungen (— 18 alte + 2 neue) mit 30 Arten	Grösste Reduction infolge Kalkmangels, steigender Meeresversalzung und allmählichen Aussterbens der schwimmenden Oceanflora; die Brachyopoden werden marin-litoral oder Tiefseethiere; hochoceanische Kalklager entstehen von nun an nicht mehr.

8. Periode	(Trias) 21 Gattungen (— 7 alte + 9 neue) mit wenig Arten	Vermehrungen der Gattungen infolge verschiedenen Salzgehaltes der Oceane und der Binnenmeere, bez. litoraler Gewässer. Häufigeres Auftreten mancher neuen Arten in den kalkigen Sedimenten vor Flussmündungen; die Flüsse bringen jetzt am meisten Kalkbicarbonat ins Meer.
	(Jura) 31 Gattungen (— 8 alte + 18 neue) mit wenig Arten	
	(Kreide) 26 Gattungen (— 10 alte + 5 neue) mit wenig Arten	Seltenwerden wegen verminderter Kalkzufuhr von den Continenten infolge deren vermehrter Bewachsung.
9. „	(Tertiär) 16 Gattungen (— 11 alte + 1 neue) mit wenig Arten	
10. „	(Jetztzeit) 23 Gattungen (—1 alte + 8 neue) mit wenig Arten	Vermehrung der Gattungen und Arten infolge trizonaler klimatischer Veränderung; quantitativ sparsames Auftreten der Arten infolge steigender Kalkarmuth des Meeres.

Um nun zeigen, wie damit die Flora in Wechselwirkung harmonirt, gebe ich die Anzahl der bekannten fossilen Pflanzenarten nach Schimper's Traité de Paléontologie végétale; er gab 1874 an:

4. Periode	19 Arten, wobei zu berücksichtigen ist, dass die niedersten Algen, die zu jener Zeit vorgeherrscht haben müssen, nicht petrefactionsfähig sind.	
5. „	66 Arten (nach Bigsby, Thesaurus devonico-carbonicus sind bis zum Jahre 1878 287 Arten bekannt gegeben.)	
6. „	144 Arten im Untercarbon	nach Bigsby 2100 Arten.
	565 „ „ eigentlichen Carbon	
7. „	239 „	
8. „	93 „ „ Trias	± 650 Arten.
	490 „ in der Jura	
	116 „ „ „ Kreide	
9. „	± 3600 „ „ Tertiär	

Es lässt sich also in der 7. Periode eine rapide Abnahme der Vegetation gar nicht verkennen, was wohl längst bekannt, aber noch nie erklärt worden war. Wären die Inseln und Continente zur Steinkohlenperiode schon bewachsen gewesen und zwar mit der äusserst üppigen Carbonflora, so wäre diese

rapide Abnahme der Vegetation vom Ende der 6. bis Ende der 7. Periode (nach neuesten Schätzungen von etwa 2500 fossilen Arten auf etwa 150 Arten), bez. die Entwaldung der hypothetisch bewachsenen Carboncontinente und die zweifellos sparsame Continentalflora der 8. Periode unerklärt. Andererseits zeigt die gewaltige Zunahme der Pflanzenarten in der 9. Periode, dass sich damals erst die Continentalflora reicher entwickelte, was wiederum das Seltenwerden der Brachyopoden, wie oben gezeigt, zur Folge hatte.

Capitel VII.

Die Kohlensäure im Haushalte der Natur sonst und jetzt.

Dieses Capitel nebst den betreffenden Notizen im übrigen Text habe ich zuletzt hinzugefügt; es könnte wegfallen, ohne dass die sonstige Beweisführung gestört würde. Bis dahin war ich auch der üblichen Ansicht, dass die ungemein reiche Carbonflora eine sehr kohlensäurereiche Atmosphäre bedungen habe; es ist das aber nur eine unrichtige Folgerung, die auf rückwärtiger Reconstruction beruht; bei aufwärtiger Reconstruction kommt man gerade zu dem entgegengesetzten Resultat. Machen wir uns zunächst klar, weshalb jetzt die Atmosphäre ihren Kohlensäuregehalt von nur 4 (3—5) Volumtheilen oder 6 Gewichtstheilen in 10000 Theilen = 60 Billionen oder wahrscheinlich nur 12 Billionen Centner Kohlensäure (da es unwahrscheinlich ist, dass die Kohlensäure, welche $^1/_2$ mal schwerer als die Luft ist, höher als 15000 m, bez. über etwa zwei Meilen hoch vorhanden ist, da es also richtiger sein dürfte, nur $^1/_5$ der auf 10 Meilen Höhe und 100000 Billionen Centner geschätzten Atmosphäre als kohlensäurehaltig anzunehmen) nicht verliert, trotzdem die Kohlensäure regelmässig von den Pflanzen consumirt wird und trotzdem Wasser (also auch Regen) «leicht und in grossen Mengen», nämlich bei 15° C. ein Volumen Wasser genau ein Volumen «Kohlensäuregas verschluckt».

Die Quellen der jetzigen Kohlensäure in der Atmosphäre sind: 1) Menschen und Thiere athmen dieselbe aus; jeder Mensch durchschnittlich etwa 1 kg = 500 Liter ($^1/_2$ cbm) täglich, also die Bevölkerung der Erde von mindestens rund 1 $^1/_4$ Milliarde Menschen jährlich 456 Milliarden kg = 9,1 Milliarden Centner oder 228 Milliarden cbm Kohlensäure. Rechnet man alle terrestrischen Thiere dazu, so dürfte dies mindestens 20 Milliarden Centner, also jährlich allein $^1/_{600}$ der gesammten atmosphärischen Kohlensäure betragen; 2) die Verwesungsproducte der Organismen, welche viel Kohlensäure liefern, sind jetzt fast nur terrestrisch; ebenso liefern die terrestrisch gewordenen oder später terrestrisch entstandenen Kohlen- und Bitumenablagerungen bei noch andauernder Verwesung Kohlensäure; 3) durch Verbrennen von Holz, Kohle etc. seitens der Menschen; 4) Exhalationen von Vulcanen und einzelnen Quellen — spielt eine kaum zu beachtende Rolle; die der Vulcane ist, wie wir zeigen werden, noch dazu zweifelhaft; 5) Pflanzen athmen Nachts etwas Kohlensäure aus, das wird aber durch die Einathmung von Kohlensäure um ein vielfaches übertroffen; 6) das Regenwasser welches die Kohlensäure aus der Luft niederschlägt, verliert die Kohlensäure zum grössten Theil wieder, ehe es vom Lande ins Meer gelangt, theils weil es langsam abfliesst und von der Erde aufgesaugt wird, theils weil es infolge des jetzigen vorherrschenden oder zeitweisen trocknen Wetters leichter verdunstet; man wird kaum irrig schätzen, dass jetzt nur $^1/_6$—$^1/_4$ des auf dem Land niederfallenden Regens dem Meere zufliesst, $^5/_6$—$^3/_4$ dieser Regenmassen verdunstet terrestrisch.

Wie waren nun die Verhältnisse im Anfang der biotischen Perioden: luftlebende Thiere, bez. Menschen gab es nicht, also die Quellen Nr. 1 und 3 fehlten; supermarine und Landpflanzen gab es nicht, also die obigen Quellen Nr. 2 und 5

fehlten; die Continente waren klein und nackt, die Atmosphäre dunstig, also die Quelle 6 fällt aus, beziehentlich wenn früher sonst keine Quelle für atmosphärische Kohlensäure existirte, konnte Quelle 6 überhaupt nicht existiren; bleibt nur die Quelle 4, welche bezüglich der Vulcane äusserst problematisch ist und bezüglich der Quellen auf dem Bewachsensein der Continente und auf kohlensäurehaltiger Atmosphäre, was beides damals fehlte, beruht. Da nun ursprünglich alle Kohlensäure im Meere aufgelöst gewesen sein muss und damit nur schwach gesättigt gewesen sein kann, denn Wasser und Kohlensäure waren gegen Ende der ersten Periode zusammen in der Atmosphäre und können sich nur zugleich niedergeschlagen haben, wobei die zum Wasser relativ wenige Kohlensäure hauptsächlich als gelöstes Kalkbicarbonat gebunden worden sein muss, da ferner keine einzige Quelle für atmosphärische Kohlensäure in der 2. bis 5. Periode existirte, so muss die Atmosphäre in den älteren biotischen Perioden völlig frei von Kohlensäure gewesen sein.

Da Manche bezüglich der Quelle Nr. 4 noch anderer Meinung sein dürften und sie vielleicht überschätzen, so möge sie vorher näher beleuchtet werden, ehe wir weitere Betrachtungen über frühere Verhältnisse der Kohlensäure in der Atmosphäre und in dem Meere anstellen: Die relativ seltenen Kohlensäure-Exhalationen beruhen zum grössten Theil auf der kohlensäurehaltigen Atmosphäre; das Regenwasser absorbirt Kohlensäure; dringt das Wasser tiefer in die Erdkruste, so entstehen unter dem höheren hydrostatischen Druck allmählich stärkere Absorptionen von Kohlensäure im Wasser, da die Absorptionsfähigkeit des Wassers für Kohlensäure mit dem Druck wächst. Steigen nun solche Wasser als Quellen ausnahmsweise schnell an die Erdoberfläche, wo also einfacher Atmosphärendruck herrscht, so giebt das Wasser etwas Kohlensäure an die Luft ab. Bei Nauheim

z. B. liefern die erbohrten Soolquellen, wie Bunsen berechnete, jährlich 10000 Centner Kohlensäure*) an die Luft und zwei andere erbohrte Quellen noch die Hälfte; aber er berechnete auch, dass die ausfliessende Wassermenge bei 2—2 $^1/_2$ Atmosphärendruck hinreicht, die ganze Menge Kohlensäure extra zu absorbiren und dass in der Tiefe des Bohrloches (114 Fuss) etwa 4 Atmosphärendruck existiren; die Temperatur der Quellen (26,4^0) beweist ausserdem, dass sie aus beträchtlich grösserer Tiefe stammen, wo also noch bedeutend grösserer hydrostatischer Druck herrscht, so dass die emporsteigenden Wasser relativ zur Tiefe sehr schwache Absorptionen von Kohlensäure darstellen, und dieser Kohlensäuregehalt lässt sich ohne Schwierigkeit als aus Meteorwassern entstanden erklären. Ohnehin enthalten alle solche Quellen noch atmosphärischen Stickstoff, während der Sauerstoff der Luft bei der chemischen Auflösung der Gesteine mehr oder minder consumirt ist.

Es sind nun mancherlei seltsame Hypothesen über die Abstammung der Kohlensäure in den Mineralquellen aufgestellt und auch schon widerlegt worden.**) Bischof meinte, wenn die Kohlensäure der Quellen von Meteorwässern stammt, müsste der Stickstoffgehalt des Wassers mit dem Gehalt an Kohlensäure in derselben Proportion wie in der Luft stehen; das ist aber irrig, weil Wasser nur $^1/_{50}$ soviel Stickstoff als Kohlensäure absorbirt. Nun ist aber im Mittel $^1/_{50}$ oder mehr darin enthalten; oft viel mehr***) als Kohlensäure, weil letztere z. Th., wie auch der Sauerstoff, durch die Gesteinszersetzung in manchen Schichten, besonders in solchen mit kalkigem Gestein stärker verbraucht wird; die stärker kohlensäure-

*) G. Bischof, Geolog. 2. I, 691.

**) Bischof, a. a. O, 716.

***) Bischof, a. a. O, 696—698.

haltigen Wasser sind also wegen des gleichzeitigen Stickstoffgehaltes zweifellos meteorischen Ursprungs. Durch die mit der Tiefe, bez. dem Druck bedeutend steigende Absorptionsfähigkeit des Wassers für Kohlensäure erklärt es sich ungezwungen, dass den überstehenden Grundwässern mit geringerer Absorptionsfähigkeit allmählich etwas Kohlensäure durch die tieferen Gewässer entzogen wird. Es ist ausserdem nicht zu vergessen, dass die Kohlensäure sich allmählich in den tieferen Schichten anhäufen muss, da von den tieferen Schichten nur wenige directe Entwässerungen nach der Oberfläche zu existiren; allenfalls durch die Austrocknung und Entwässerung der mittleren und oberen Schichten kann eine langsame, allmähliche, wenigstens zeitweise in den trocknen Gebieten und Zeiten stattfindende Wasserabnahme der tieferen Schichten erfolgen; diese auf Austrocknung beruhende Abnahme des Wasserquantum kann aber auch nur eine Concentration der Kohlensäure in den damit nur relativ schwach versehenen Gewässern, welche in den tieferen Schichten verbleiben, zur Folge haben. Ferner nimmt das Wasser durch die Absorption der Kohlensäure ein grösseres specifisches Gewicht an, wodurch es sich wiederum erklärt, dass die gesättigteren, also schwereren kohlensauren Wässer bei ungestörten hydrostatischen Verhältnissen nach der Tiefe sich versenken und dort verbleiben müssen.

Die Zersetzung des Kalkes durch Glühhitze und die dadurch vermuthete Befreiung der Kohlensäure findet ausser aus den von Bischof angeführten localen Gründen deshalb im Erdinneren nicht statt, weil, wie man jetzt weiss, Kalk in Glühhitze unter grossem Druck mit oder ohne Wasseranwesenheit gar nicht zersetzt wird; es können daher vielleicht nur bei Vulcanen, wo und wann der Druck zeitweise fast aufgehoben wird, manchmal Kohlensäure-Exhalationen entstehen, die sich allenfalls auf geglühten Kalk zurückführen

lassen. Doch lassen sich die meisten angeblich vulcanischen Kohlensäure-Exhalationen, wie wir nachfolgend zeigen wollen, auf andere Ursachen zurückführen und sind im Uebrigen oft überschätzt und übertrieben worden.*) Ebenso wie Kalk unter starkem Druck bei Glühhitze die Kohlensäure nicht verliert, wodurch sich allein das Vorkommen von Kalkcarbonat zwischen den Urgesteinen erklärt, ebenso findet folgender Process in der Glühhitze: Kieselsäure + kohlensaurer Kalk = kieselsaurer Kalk + Kohlensäure unter starkem Druck nicht statt. Wäre dies möglich, so müsste in den Urgesteinen, welche doch bei Glühhitze und $\pm$ 400 Atmosphären entstanden, statt Quarz und Kalk hauptsächlich kieselsaurer Kalk existiren; dieser aber (Wollastonit) fehlt in den Urgesteinen wohl völlig. Dieser Erklärungsversuch für Kohlensäurebefreiung ist ebenso unbegründet als überflüssig; letzteres weil durch Meteorwasser sich schon der Kohlensäuregehalt der Quellen erklärt. Derselbe Process soll nach Bischof und Ludwig schon bei siedendem Wasser stattfinden, wenn lösliche (gallertartige) Kieselsäure auf Carbonate wirkt; aber diese lösliche Kieselsäure wird in der Regel erst durch die Kohlensäure befreit, und kann daher in der Natur dieser Process nicht stattfinden; das Gegentheil des vermutheten Processes findet statt, wie uns die heissen Geysirwasser beweisen, denn diese sind kieselhaltig und ohne freie Kohlensäure. Die mässigwarmen oder kalten Quellen mit der freien Kohlensäure stammen schon wegen der geringen Temperatur nicht aus solchen Tiefen.

Wenn man Kohlensäure-Exhalationen in vulcanischen Gebieten zuweilen mehr findet, so sind dies doch keineswegs

*) Vergl. z. B. die Angaben über Kohlensäure-Exhalationen (Mofetten) des Todtenthales auf Java, über die angeblich vulcanischen ewigen Feuer und Schlammvulcane auf Java in meinem Reisewerk „Um die Erde“ S. 300, 311, 333—341, 359, 360.

permanente Exhalationen der Vulcane, sondern sie verdanken ihre Entstehung einem anderen Umstande: Durch eine frühere Eruption fanden Schichtenstörungen statt, wodurch die in tieferen Schichten circulirenden kohlensäurereicheren Grundwasser einen schnellen Aufstieg erhielten, also sogenannte Säuerlinge (kohlensaure Quellen) entstanden; mündet nun ein Säuerling in mässiger Tiefe unter der Erdoberfläche aus — was in den porösen Gesteinen bei den Vulcanen besonders leicht möglich ist — so wird dort ebenfalls alle Kohlensäure entbunden und diese dringt nun durch alle Spalten und Poren der Erde oft in grösserem Umkreis nach oben; z. B. in dem vulcanischen Gebiete des Laacher Sees sind neben den Säuerlingen auch zahlreiche Stellen mit trockenen Exhalationen von Kohlensäure, die nach Bischof von tieferliegenden Säuerlingen abstammen. Man darf also diese keineswegs als eine vulcanische Erscheinung betrachten; die meisten oder alle Exhalationen von Kohlensäure in der Nähe von Vulcanen — wenigstens die ohne Dampf und ohne Kohlenwasserstoffe, wie das für Mofetten doch der Fall ist — dürften aber dieser Art sein. Der Laacher See ist zwar ein alter Krater, aber alle anderen dortigen Krater weit und breit sind ohne Exhalationen, und die Exhalationen am Laacher See selbst sind ohne Dampfentwickelung und Temperaturerhöhung, wie dies doch bei echten vulcanischen Exhalationen der Fall ist. Wieviel überhaupt letztere an Kohlensäure quantitativ enthalten, darüber liegen mir keinerlei Angaben vor; es scheint mir sogar nach eigenem Besuche einer Anzahl von Kratern und Solfataren in drei Welttheilen zweifelhaft, ob überhaupt oder immer Kohlensäure in echten vulcanischen Exhalationen vorhanden ist; jedenfalls tritt bei den echt vulcanischen Exhalationen das Quantum der etwaigen Kohlensäure sehr gegen die Quantitäten der Schwefeldämpfe, Salzsäure-, schwefligsauren Gase, Schwefelwasserstoffgase zurück. Auch

fehlt in den Eruptionsproducten thätiger Vulcane stets gebrannter Kalk (freies Calciumoxyd); es ist daher ein Zweifel, ob überhaupt unter den gegebenen Verhältnissen Kohlensäure durch geglühten Kalk befreit werde, wohlberechtigt. Was man als kohlensäureliefernde vulcanische Ercheinungen besonders erwähnt, die sogenannten Mofetten und Schlammvulcane, dürften in der Regel nur secundäre Erscheinungen sein und zwar, so weit sie sich nicht wie die Exhalationen am Laacher See erklären lassen, dadurch veranlasst, dass vulcanische Störungen unterirdischer Ansammlungen von organismenreichen Schichten, z. B. recenten, tieferliegenden Schlammschichten oder Kohlenablagerungen eine schnellere Entfernung der entstehenden Verwesungsgase manchmal zur Folge haben; solche finden sich aber auch an Orten, wo vulcanische Eruptionen nicht mehr sattfinden, z. B. in Geysirgebieten. Die Erklärungsversuche dagegen, dass die Kohlensäure der Säuerlinge nur von verwesenden Organismen oder Kohlenlagern herstamme, sind hauptsächlich wegen der fast stets fehlenden Kohlenwasserstoffgase unzulässig und würden auch nicht für frühere Perioden mit nackten Continenten, also ohne terrestrische Verwesungsproducte, passen.

Wir glauben zur Genüge bewiesen zu haben, dass die Kohlensäure aller Quellen nicht aus dem Erdinneren, sondern entweder der Luft oder Verwesungsproducten entstammt. Gegen die Annahme, dass die Kohlensäure dem Erdinneren entstamme, lässt sich ausserdem noch anführen, dass dann die tiefsten Quellen reich an Chloriden sein müssten, weil bei Eruptionen, wobei die Gase des Erdinneren doch befreit werden, sehr viel Salzsäuregas und auch etwas, meist leicht lösliche Chloride ausströmen. Die tiefsten Quellwasser sind aber keineswegs reich an Chloriden. Wir haben überhaupt keinen Anhalt dafür, dass sich aus dem Erdinneren noch besondere, ihm eigenthümliche Gase entwickeln; das

Erdinnere ist sogar wahrscheinlich bis auf wenige Stellen gasfrei; denn sämmtliche Gase und Dämpfe, die bei vulcanischen Eruptionen entweichen, lassen sich auf local eingedrungenes Meereswasser und seine Zersetzungsproducte zurückführen.

Wenn nun die in der Tiefe etwas kohlensäurehaltigeren Wasser nicht plötzlich aufsteigen können, was doch die Regel ist, so geben sie gar keine Kohlensäure an die Luft ab. In früheren Zeiten aber, als die Kohlensäure in der Luft fehlte, mussten die Tages- und Grundwasser überhaupt frei von Kohlensäure sein und die selbst jetzt seltenen Kohlensäure-Exhalationen kommen daher als jetzige secundäre Erscheinung gar nicht für früher in Betracht.

Fällt also auch die 4. Quelle für die Entstehung der atmosphärischen Kohlensäure weg, so existirte überhaupt keine solche Quelle in den ersten biotischen Perioden und die Atmosphäre musste damals frei von Kohlensäure sein.

Betrachten wir nun einmal die Absorptionsfähigkeit der Meere für Kohlensäure: 1 Volumen Wasser absorbirt unter 1 Atmosphärendruck 1 Volumen Kohlensäuregas, bei 2, 3, 4—x fachem Druck das 2, 3, 4—x fache Gewicht eines Gasvolumens Kohlensäure. Nehmen wir vorläufig den einfachsten Fall an: das jetzige Meer hat nach Krümmel's 2 Berechnungen (3 066 260 und 3 138 000) als Mittel rund 3 100 000 Cubikmeilen Wasser, 1 Cubikmeile ist = 408 (es ist etwas mehr) Milliarden cbm; das Meer enthält also mindestens 1 264 800 000 000 000 000 cbm, sagen wir rund 1 1/4 Trillion cbm (wir nehmen die Ausdrücke Trillion = 1 Million Billionen, 1 Billion = 1 Million Millionen) Wasser, welches mithin ebensoviel Kohlensäuregas, bez. da 1 cbm ungefähr 2 kg wiegt, bez. 25 cbm 1 Ctr wiegen, 50592 oder rund 50 tausend Billionen Ctr Kohlensäure leicht absorbiren kann. Wenn also die gesammte jetzige Kohlensäure der Luft von 60 resp. 12 Billionen Centner dem Meere zugeführt würde, so entstände nur 1/840 resp. 1/4200 der ein-

fachsten Absorptionsfähigkeit und man würde eine so schwache Lösung der Kohlensäure im Meerwasser erhalten, dass sie kaum bemerkt werden könnte.

Wieviel war nun wohl im Anfang der biotischen Perioden solche Kohlensäure vorhanden, welche nicht im festen Gestein gebunden war? Man hat dies aus der Mächtigkeit der Steinkohlenablagerung zu schätzen versucht. Früher nahm Bischof 6620 Mal soviel Kohlensäure an als Liebig für die jetzige Atmosphäre schätzte, also 6620 × 28 Billionen Ctr = 185360 Billionen Ctr Kohlensäure; da die jetzige Atmosphäre auf 100000 Billionen Ctr. geschätzt wird, so würde sich demnach für die Steinkohlenzeit eine Atmosphäre mit bald 2 Mal soviel Kohlensäure als andre Luft ergeben. Wenn man gemäss der bisherigen Annahme gelten lassen wollte, dass die Kohlensäure überhaupt in der Luft verblieben wäre, so würde dies eine Atmosphäre gewesen sein, die unterhalb ausschliesslich nur aus der specifisch schwereren Kohlensäure bestanden hätte, in der also weder Pflanzen noch Thiere hätten leben können.

Wenn nun das heutige Weltmeer bei einfachster Sättigung mindestens 50000 Billionen Ctr Kohlensäure aufnehmen kann, und man annimmt, dass die Meere im Anfang der biotischen Perioden nur doppelt so wasserreich waren als jetzt, so konnten sie damals mindestens 100000 Billionen Ctr absorbiren. Nun nimmt das Meer mit je 10 m Tiefe um 1 Atmosphärendruck zu und mit jedem Atmosphärendruck nimmt das Wasser 1 Gewichtstheil Kohlensäure mehr auf; es konnte also das frühere Weltmeer, wenn man nur 2 Atmosphärendruck im Mittel in Rechnung setzt, bereits mehr als die von Bischof angenommenen 185360 Billionen Ctr Kohlensäure absorbiren. Es werden aber wahrscheinlich nur geringe Spuren freier Kohlensäure im Meere übrig geblieben sein, da fast alle Kohlensäure als im wasserlöslichen Kalkbicarbonat

chemisch gebunden anzunehmen ist, denn Kohlensäure löst schon unter mässigem Druck Kalk leicht auf, wird also gebunden. Neben dem Kalkbicarbonat hätte noch ein unfassbar grosses Quantum Kohlensäure — wenn es überhaupt vorhanden gewesen wäre — im Meere absorbirt werden können. Andererseits ist die Basis der Bischof'schen Berechnung*) viel zu willkürlich (0,1 % der gesammten auf 2 Meilen geschätzten Erdkruste), als dass dieser Berechnung, die wir blos als maximales Extrem beleuchten, ein besonderer Werth beigelegt werden kann.

Vor einigen Jahren hat John Ball**) folgende Wahrscheinlichkeitsrechnung angestellt: er nimmt 10½ Billionen Tonnen bekannte Kohlenablagerungen an und ebensoviel rechnet er noch unbekannte dazu, also zusammen 21 Billionen Tonnen Kohle; er kommt zu dem Schluss, dass die Atmosphäre 20 mal reicher als jetzt an Kohlensäure gewesen sei, und zwar sei enthalten gewesen in 10000 Theilen: in Meereshöhe 100 (1 %), bei 3000 m 82, bei 4000 m 74, bei 5000 m 67, bei 10000 m Höhe 12½ Theile (⅛ %). Doch beruht diese Annahme, wie oben gezeigt, auf Irrthum, insofern bei dem damaligen Mangel aller Quellen für atmosphärische Kohlensäure die Luft davon frei sein musste, umsomehr als dieses geringere Quantum von Kohlensäure im Meere nur eine schwache Lösung verursacht hätte. Es dürfte aber die Annahme von 21 Billionen Tonnen Kohle eine solche sein, der man als Minimalzahl beipflichten kann. Das sind nun 420 Billionen Ctr Kohle; diese zu durchschnittlich 80 % Kohlenstoff gerechnet, würde 336 Billionen reinen Kohlenstoff ergeben und da nun in der Kohlensäure 27,68 % Kohlenstoff enthalten sind, so berechnet sich daraus 1214 Billionen Centner Kohlensäure oder (25 cbm = 1 Ctr) 30350 Billionen cbm Kohlensäuregas. Wir würden also, da das Meer jetzt, wie oben berechnet,

*) Bischof a. a. O. I, 625.

**) Proccedings of the Royal geogr. Society 1879 I, 580.

etwa $1\frac{1}{4}$ Trillionen cbm Wasser enthält, nur $\frac{1}{40}$ der einfachsten normalen Sättigung unter 1 Atmosphärendruck erhalten, wenn alle Kohle als Kohlensäure im Meere gelöst wäre. Da nun die Meere früher etwa doppelt so wasserreich anzunehmen sind, so würde sogar nur $\frac{1}{70}$—$\frac{1}{80}$ einfachster Sättigung mit Kohlensäuregas resultiren.

Nun ist das Sättigungsvermögen bei durchschnittlich nur 4000 m Meerestiefe (also kaum doppelt soviel als jetzt angenommen, da die jetzigen Meere gleichmässig vertheilt nur 2500 m tief wären) mindestens ein durchschnittlich 200faches gewesen, da mit je 10 m Tiefe ein Atmosphärendruck mehr vorhanden ist, also auch das Sättigungsvermögen um das Gewicht eines Gasvolumens Kohlensäure steigt; es würde also statt obiger 50000 Billionen Ctr sogar 200 mal soviel = 10 Trillionen Ctr Kohlensäure in den mindestens 2 Trillionen cbm à 20 Ctr = 40 Trillionen Centner Wasser enthaltenden Urmeeren aufnahmsfähig gewesen sein, also dem Gewichte nach 1 Theil Kohlensäure : 4 Theile Wasser, während selbst bei der maximalextremen Bischof'schen Annahme noch nicht eine Sättigung von 1:200 (185360 Billionen Ctr Kohlensäure: 40 Trillionen Ctr Wasser) möglich gewesen wäre und bei der minimal-extremen Ball'schen Annahme von 21 Billionen Tonnen Kohle sich eine relativ schwache Lösung von $\frac{1}{33000}$ dem Gewicht nach (1214 Billionen Ctr Kohlensäure: 40 Trillionen Ctr Wasser) und etwa $\frac{1}{70}$ dem leichtesten Volumen nach (30350 Billionen cbm Kohlensäuregas: 2 Trillionen cbm Wasser) berechnet. Der Ausdruck „leichtestes Volumen" ist dahin zu verstehen, dass 1 Volumen Wasser stets nur höchstens 1 Volumen Kohlensäure aufnimmt, aber dieses Volumen ist je nach der Anzahl der Atmosphärendrucke zunehmend an Dichtigkeit und Schwere. Auf der Meeresoberfläche würde selbst bei starker Sättigung tieferer Schichten, doch nur 1 leichtestes Volumen Gas enthalten gewesen sein.

So lange aber die einfachste Sättigung nicht erreicht ward, ist an eine Abgabe der Kohlensäure an die Luft nicht zu denken; bei unvollkommener einfachster Sättigung (also wie es wahrscheinlich der Fall war, nur $^1/_{70}$ leichtestes Volumen) ist selbst bei Verdunstung der Meeresoberfläche kaum eine gleichzeitige Verdunstung der Kohlensäure möglich, weil die Kohlensäure von dem zurückbleibenden ungesättigten Wasser durch seine grosse Absorptionsfähigkeit für Kohlensäure zurückgehalten wird. Im Uebrigen muss angenommen werden, weil kohlensäurehaltiges Wasser kohlensauren Kalk leicht auflöst, wenn starker Druck dazu kommt, wie es doch in der Meerestiefe der Fall ist, ferner weil sich in den azonalmarinen Perioden mächtige Kalklager hochoceanisch abgeschieden haben, was nur bei marinem Ueberschuss von Kalkbicarbonat über freie Kohlensäure durch Pflanzenthätigkeit möglich war, dass die Kohlensäure nur zum allerkleinsten Theil frei, sondern hauptsächlich als Kalkbicarbonat in den Urmeeren vorhanden war, dass also durch die Verdunstung unter allen Umständen keine Kohlensäure in die Luft überging und dass letzteres zuerst durch die silvomarine Flora, welche sammt den darin luftlebenden Thieren etwas Kohlensäure aushauchte, geschah. Es kann kein Zweifel sein, dass die gegen Ende der 1. Periode übriggebliebene Kohlensäure völlige Aufnahme in den ältesten Meeren fand. —

Wenn wir oben zu dem Resultate gelangten, dass das Urmeer infolge der mit der Tiefe steigenden Absorptionsfähigkeit für Kohlensäure im Mittel fähig gewesen sein könne, in 4 Gewichtstheilen Wasser mindestens 1 Gewichtstheil Kohlensäure zu absorbiren, so klingt dies fast absurd. Indess dürfte diese Berechnung, welche — wie wir besonders erwähnen wollen — auf die anderen Berechnungen ohne allen Einfluss ist, annäherungsweise richtig sein; praktisch ist die Frage ohne Belang, da im Meere selbst und sonst soviel freie Kohlen-

säure jedenfalls nie existirt hat. Dagegen liegt die Wahrscheinlichkeit vor, dass unter ähnlichen Verhältnissen, nämlich unter dem enormen Druck der ursprünglichen Dampfatmosphäre gegen Ende der 1. Periode die Kohlensäure mit der Tiefe der Dampfatmosphäre durch die Absorption des dampfförmigen Wassers concentrirter wurde und schliesslich stark comprimirt zu unterst allein vorherrschte. Dass anfangs sehr hohe Sättigungsgrade der Kohlensäure im Wasser wenigstens in den ersten Verdichtigungen der Dampfatmosphäre vorhanden waren, beweisen uns die gegen Ende der ersten Periode entstandenen letzten Urgesteine, welche in den Mikrofluida als zufällige Bestandtheile der Atmosphäre flüssige Kohlensäure mit Wasser mehr oder minder gemischt enthalten; diese Mikrofluida sind mechanisch eingeschlossene Reste der ersten den glühenden Erdball noch nicht direct berührenden Verdichtungen der Dampfatmosphäre, die sich unter mindestens 400 Atmosphärendruck bildeten, wobei die Kohlensäure trotz der Hitze so comprimirt gewesen sein muss, dass sie nach dem Erkalten der Urgesteine flüssig ward, sonst wäre sie uns in den Mikrofluida der Urquarze nicht flüssig comprimirt mit oder ohne Wasser erhalten worden. Ja, ohne diese mit der Tiefe wachsende Kohlensäure-Concentration im Wasser, bez. Wasserdampf und ohne das zu unterst schliessliche Vorherrschen der comprimirten Kohlensäure wären uns diese geologischen Thatsachen unerklärlich.

Unter gewöhnlichen Temperaturverhältnissen müsste das unter höchstem Druck am meisten mit Kohlensäure gesättigte Wasser als das specifisch schwerste Fluidum, welches etwa doppelt so grosses Volumgewicht als die rein flüssige Kohlensäure haben dürfte, in tieferer Lage als die letztere sich ansammeln, bez. es könnte sich bei darüber stehendem Wasser gar keine wasserfreie Kohlensäure ausscheiden. Bei Glühhitze verändern sich jedoch manche physikalische Ver-

hältnisse und wenn wir auch für den gegebenen Fall keine experimentalen Erfahrungen haben, so lehrt doch das häufigere Vorkommen reiner flüssiger Kohlensäure in Urquarzen, dass dieselbe gegen Ende der gasogenen Bildung des glühenden Erdballes noch unter der mit Kohlensäure maximal gesättigten, comprimirten tiefsten Wasserdunstschicht existirte.

Die Folgen der ursprünglichen Absorption aller Kohlensäure im Meere und ihrer allmählichen theilweisen Wiederbefreiung aus dem Meere, wodurch nach Verlauf einer Anzahl geologischer Perioden eine neue kohlensäurehaltige Atmosphäre entstand, diese Folgen auf die Entwickelung der Erdkruste und ihrer thierischen und pflanzlichen Bewohner habe ich bereits im 3. und 5. Capitel darzustellen versucht.

Capitel VIII.

Hypothesen über Gestaltentwickelung früherer mariner Wesen.

Habe ich nun zu erklären versucht, wie und wann die ersten organischen Zellen entstanden und habe ich bereits die Hauptzüge der Pflanzengeschichte kurz geschildert, so möchte ich jetzt die Anhaltepunkte darlegen, welche wir über die Entstehung der ersten organischen, insbesondere pflanzlichen Gestalten und ihre Weiterentwickelung besitzen.

Die einfachsten Protisten bilden schleimartige unregelmässige Anhäufungen von einzelnen oder vielen Zellen und zwar eine Schleimmasse, welche keine active Bewegung besitzt; dahin gehören solche Chroococcaceen und Palmellaceen, die in einer structurlosen Schleimmasse liegen, z. B. Aphanocapsa, Aphanothece, Palmella, Tetraspora; sie bilden mehr oder minder Colonien.

Eine nächst höhere Stufe ist erkenntlich dadurch, dass solche Colonien sociale Eigenschaften annehmen, z. B. eine gemeinschaftliche Haut besitzen und sich zu einer Kugel, flachen oder sonst gestaltbesitzenden Schleimmasse verbinden, z. B. Coelosphaerium, Coccochloris, Merismopedia, Gloeocystis, Microcystis, manche Tetraspora-Arten u. s. w.

Die dritte Stufe zeigt die einfachste active Bewegung, dadurch veranlasst, dass der lebensfähig gewordene Zellinhalt, das Protoplasma, aus einzelligen oder colonialen Protisten,

ganz oder theilweise heraustritt und nach Nahrungsaufnahme entweder sich wieder in die Zelle, bez. Zellcolonie zurückzieht oder eine neue Zelle bildet. Ursprünglich mag das Austreten des Plasma eine krankhafte Erscheinung gewesen sein, veranlasst durch Nahrungsmangel; nachträglich wurde die äusserliche Nahrungsaufnahme oft eine nützliche Eigenschaft und durch Gewohnheit constant. Auf dieser Stufe finden wir noch manche Protisten, insbesondere Moneren, so z. B. die Vampyrellen*), bei deren einfachsten Form (V. pedata) das Plasma der Zelle (Cyste) an ein oder zwei Stellen austritt, mechanisch dahingleitet und nach gefundener, möglichst assimilirter Nahrüng, die es von anderen Lebewesen entnimmt, wieder zur Zelle wird; bei den meisten anderen Vampyrellen theilt sich das ausgetretene formlose Plasma mechanisch unregelmässig, wobei allerlei wimperartige, noch mechanisch erklärliche Ausstülpungen, sowie regellose Wiedervereinigungen der Plasmamassen bei zufälligem Begegnen stattfinden; Wiedervereinigungen, die man wohl unrichtig als Copulation bezeichnet, die uns aber lehren, wie die einfachste Copulation entstanden sein kann.

Auf gleicher Stufe stehen die pflanzlichen Schwärmsporen; hier sind es die ausgetretenen Plasmamassen verschiedener Zellen oder Individuen, die sich aber nicht durch fremde Nahrung regeneriren, sondern dadurch, dass verschiedener Stoffgehalt zweier Plasmamassen sich compensirt; das eine Individuum hat von den zu den specifischen Lebensprocessen nöthigen Stoffen den einen Stoff zu viel, das andere jenen, dem einen fehlt dieser, dem andern jener Stoff, und nach Verschmelzung der sich ergänzenden Plasmamassen entsteht wieder eine normale Zelle, bez. neues Lebewesen. Dass bei dieser Art von Copulation die austretenden Plasmamassen

*) Vergl. Jul. Klein, im botan. Centralblatt XI Nr. 7 mit Tafel I.—IV.

mechanisch Gestalt annehmen und die gestaltigen mit Wimpern geeigneter zur Erhaltung sind, ist selbstverständlich. Hierher gehören eine Anzahl protistischer Algen und die Copulation mit freibeweglichen Schwärmsporen findet sich, besser differenzirt, noch bei den höheren Kryptogamen.

Wieder eine andere Form der dritten Stufe zeigen die Rhizopoden, wo nur theilweiser Plasmaaustritt aus einer oder vielen Oeffnungen unregelmässig tentakel- oder wimperartig aus einfachen oder colonialen Protistenzellen stattfindet, Nahrung ausserhalb aufgenommen und dem Innern zugeführt wird; durch diesen anfangs mechanischen, später als nützlich wiederholten und vererbten Zustand erhielten sie — es giebt keine einfachere Erklärung — die erste active Bewegung. Befördert ward der wimperartige theilweise Austritt des Plasma durch viele Oeffnungen bei Foraminiferen und Radiolarien, welche Oeffnungen zweifelsohne in organischer Substanz durch Intussusception von Kalk und Kiesel aus dem an Kalkbicarbonat reicheren und infolge wärmeren Zustandes auch kieselhaltigeren Wasser der Urmeere entstanden; denn Kalkcarbonat und Kiesel lagert sich in organischer Masse nicht compact krystallisirt, sondern porös unkrystallisirt ein, wobei die Entstehung der zierlichsten Aggregate erklärlich ist.

Eine höhere Stufe haben die Protisten nicht erreicht; man müsste denn die Myxomyceten dahin rechnen wollen, bei denen die aus der Zelle oder Zellcolonie, der sogenannten Frucht, ausgetretene Plasmamasse eine bereits ererbte active Bewegung zeigt und sich selbstständig weiter entwickelt, bis wieder ein zellenartiger Ruhezustand eintritt. Die Myxomyceten erinnern einerseits an die einfachsten Vampyrellen, nur dass deren ausgetretenes Plasma kein eigenes Wachsthum zeigt, andererseits durch ihren sogenannten Fruchtkörper, der oft kalkhaltig und netzartig ist, an die Foraminiferen.

Aus den schleimigen Protisten entstanden — vielleicht an zeitweise trocknen Standorten oder infolge geringeren Gehaltes des Wassers an gelösten Kohlenhydraten, bez. Nährsubstrat — auch ganz ähnliche Protisten ohne Schleimumhüllung, die sich daher nicht zur freiwilligen Coloniebildung eigneten.

Eine bessere Beweglichkeit als die Colonieprotisten erhielten die Thiere, welche sich, wie die geistreiche und von den meisten Zoologen adoptirte Gastrula-Theorie von Häckel ausführt, durch Differenzirung der inneren und äusseren Zellhaut aus einer Zelle entwickelten; deshalb die einheitliche Bewegung der Thiere.

Welche Anhaltepunkte haben wir nun zur Erklärung der Entwickelung der pflanzlichen Gestalten, also der nicht activ beweglichen Wesen von zusammengesetzter Structur? Unter den einfachsten Protisten führten wir oben die Pallmellacee Tetraspora auf, deren structurlose Schleimmassen sich meist flächenförmig anordnen; es kann dies nur eine Folge des Schwimmens auf ruhiger Wasseroberfläche sein. Nun finden wir andere Tetraspora-Arten, die sich röhrenförmig aggregiren, was unter Wasser, wenn diese Tetraspora-Massen an untergetauchten Stengeln, Steinen u. s. w. zufällig mechanisch hängen bleiben, durch einfaches Streben nach dem Licht, bez. der Wasseroberfläche erklärlich ist. Eine weitere Differenzirung findet man bei den, mit Tetraspora äusserst nah verwandten, zuweilen damit confundirten, vielleicht von ihr abstammenden Gattungen Ulva und Enteromorpha, welche gern in lebhaft bewegten Gewässern, an Steinen angeheftet wachsen; da finden wir die Schleimmasse zwischen den Zellen beträchtlich verschwunden und die Gestalt deutlicher ausgeprägt; beide werden im fliessenden Wasser fädlich und verzweigt.

Eine mehr lederartige Consistenz nahmen die Algen

jedenfalls erst an, als sie im Gebiet der Ebbe und Fluth zeitweise der trocknenden Luft ausgesetzt waren; dieses Lebensgebiet ist überhaupt geeignet, eine fast unglaublich grosse Veränderlichkeit in Bezug auf Gestaltung des Pflanzenthallus zu erzeugen: es ist keine allzuseltene Erscheinung, dass eine und dieselbe Art dort flächenartig ungestaltig bis rundstenglig und regelmässig fädlich verzweigt ändert, je nachdem der Einfluss des Wassers und der Luft quantitativ (mehr Wasser oder mehr Luft) und qualitativ (ruhiges oder bewegteres Wasser, bez. gleichmässige oder veränderliche Luftströmungen oder Temperatur) und regelmässig abwechselnd beschaffen ist. Aber constant werden die vielen Varietäten einer Art in diesem veränderlichen Lebensgebiet der Ebbe und Fluth wohl nie; das konnte erst geschehen als sie ins ruhigere Meer zurückkehrten. In der That wachsen die besser differenzirten Meeresalgen jetzt meist ausserhalb der Ebbe und Fluth in etwas tieferem, jedoch nicht allzutiefem Wasser; sie wachsen jetzt nur noch am Boden angeheftet, weil sich auf dem jetzt meist stark bewegten Ocean ausser etwa zelligen Protisten eine schwimmende und grösser gestaltete Flora nicht erhalten kann; in den azonalen Perioden waren aber die Meere ruhiger und war eine schwimmende Flora möglich.

Die hochentwickelten Florideen, welche jetzt namentlich in mässiger Meerestiefe an ruhigen Stellen wachsen, können, wenigstens in Bezug auf ihren angiospermenartigen Befruchtungsmodus, erst spät entstanden sein; ein Theil der älteren Meeresalgen, die Fucaceen, besitzen exoterische Fructification wie die Fische; sie konnten also deshalb nicht zu Landpflanzen werden und von den Conferven, bez. in Continentalgewässern vorkommenden Algen lassen sich die Landpflanzen am wenigsten ableiten.

Für Flechten und manche, längere Trockenheit vertragende Pilze ist eher die Annahme zulässig, dass sie aus Meeres-

algen direct zu Luft- und Landpflanzen wurden; es lässt sich dann wenigstens erklären, dass sie in der austrocknenden Luft, da sie noch nicht mit schützendem Korkstoff versehen waren, verkümmerten und keine höhere Entwickelung erfuhren.

Nur in den ruhigen Oceanen der azonalmarinen Perioden konnten die hemipelagischen — so nennt man die im Gebiet der Ebbe und Fluth wachsenden Pflanzen — Varietäten der Tange constant werden und sich weiter entwickeln, indem sie schwimmend dicht wachsend z. Th. über Wasser, also in die Luft erhoben wurden, wo nur solche dauernd existiren konnten, die Kieselsäure oder Holzstoff als Skelettmittel und Korkstoff gegen Austrocknung erhielten; solche konnten aufrecht höher wachsen, sowie ihre Befruchtung und Früchte allmählich dem Luftleben anpassen.

Der häufigste der älteren Pflanzentypen, die Schuppen-, bez. Lycopodium- und Coniferen-Blattform, welche wir ja auch bei den Tangen in ähnlicher Weise nicht selten finden, kann man sich auf ziemlich einfache Weise als Epidermisauswüchse entstanden erklären: Die hemipelagischen knorpeligstengligen Tange, wenn sie in das ruhigere Lebensgebiet des hohen Meeres gelangten, konnten sich üppiger entwickeln, wobei die einzelnen Epidermiszellen zu langgestreckten Zellen oder zarten Dornen auswuchsen. Erhoben sie sich dann auf und über ruhiges Wasser, so mussten diese Auswüchse, wenn schwimmend mehr flach, besonders lineal werden und in der trocknenden Luft bestimmtere Gestalt annehmen; als zartere Auswüchse der Stengel mussten sie in der Luft am ehesten hin- und abfällig werden, wodurch sich das Abfallen der Blätter entstanden erklärt, und beim allzudichten wuchernden Wachsthum, wenn sich (z. B. an Zweigenden mit gehindertem Längenwachsthum) die fleischigen, noch astartigen Blätter gegenseitig pressten, entstanden zapfenartige Gebilde, wie wir

das noch jetzt an lebenden selteneren Fucaceen (Sargassum scaberioides, Scaberia) verfolgen können. Erhoben sich die Pflanzen nur z. Th. über ruhiges Wasser, so konnten sie sich nicht blos ungestört weiter entwickeln, was im Gebiet der Ebbe und Fluth unmöglich ist, sondern sie waren auch der Verkümmerung durch austrocknende Luft nicht so wie ans Land gebrachte Meerespflanzen ausgesetzt, da sie von ihren untergetauchten Pflanzentheilen Nahrungs- und Feuchtigkeitszufuhr erhielten. —

Dieser Entwickelungsgang der einfachsten Pflanzenbildung scheint ein ziemlich allgemeiner gewesen zu sein; wenigstens liegen bis jetzt keine andren Hypothesen vor. Ob etwa die Untersuchungen von Monnier-Vogt (vergl. S. 7) noch Anhaltepunkte für andre Erklärungsversuche bieten, bleibt abzuwarten; für die Siphoneen, d. h. einzelligen Pflanzen mit entwickelterem Habitus, von denen auch die Cacteen direct abzuleiten sein dürften, bietet vielleicht die seltnere Erscheinung der durch chemische Reaction entstandenen schlauchartigen Zellen eine Grundbedingung der Entstehung. Auch sind möglicherweise aus gestaltlos schlaffen Zellen und Zellenaggregaten durch Bewohnung von mechanisch entstandenen Hohlräumen in den Gesteinen oder von anorganischen Zellen einzelne einfachste Pflanzen entstanden. Unter den anorganischen Zellen, die bewohnbar gewesen sein könnten, wären insbesondere die zarten Kieselsäureschläuche in Betracht zu ziehen, welche aus wässrigen Lösungen von kieselsauren Alkalien bei Gegenwart eines Kornes eines Metallsalzes sich bilden. Betreff der mechanisch entstandenen Hohlräume ist zunächst an die, manchen niederen Organismen ähnlichen Gebilde zu denken, welche, aus der unvollkommenen Zusammensinterung von Krystallen (analog der Eis- und Gletscherbildung mit algenartigen Hohlräumen) insbesondere der Urgesteinsmineralien entstanden, auf der Erdoberfläche zu oberst

häufig übrig geblieben sein müssen; Hohlräume, welche als oberste Producte der 1. Periode späterer Zerstörung am meisten ausgesetzt waren, sodass sie jetzt fast völlig verschwunden sein dürften, Eozoon und dergl. vielleicht ausgenommen. Auch die Hohlräume und Gebilde, welche in austrocknendem Schlamm entstehen, (wofür namentlich die reich illustrirten Publicationen von Reinsch über Steinkohlengebilde Anhalt bieten) könnten durch constante Bewohnung von Zellenaggregaten formähnliche Organismen veranlasst haben. Doch legen wir diesem Erklärungsversuch nur geringen Werth bei. Es sei hier noch erwähnt, dass auch durch die Bewegungen einfachster Würmer in und auf dem Schlamm Pseudopetrefacten entstanden, wie besonders Nathorst nachgewiesen hat.*) Wenn nun auch dies nur nach Entstehung der Würmer erst geschehen sein kann, so ist doch bei der ausserordentlichen Anpassungsfähigkeit mancher Pflanzen Gestaltgewinnung auf diesem Wege nicht geradezu ausgeschlossen; wir erinnern an manche theilweis unterirdische Pilze, die allerlei mögliche Gestalten annehmen und sich dabei mancherlei Hohlräumen, Spalten und wahrscheinlich auch den Wurmröhren anpassen.

Alle betreffenden Thatsachen weisen aber nur auf eine ursprünglich marine Entwickelung des Pflanzenreiches hin; die ersten Landpflanzen sind allenfalls Flechten gewesen; aber auch diese konnten auf dem nackten, heissen Erdboden der 4.—6. Periode nur fraglich existiren. Ohnehin bewohnen jetzt die am Boden wachsenden Flechten fast ausschliesslich kühle und kalte Regionen, deuten also darauf hin, dass sie erst spät das Land besiedelten; die relativ wenigen tropischen Flechten sind dagegen fast nur Epiphyten und als

*) Vergl. das Referat in den „Fortschritten der Geologie" von Hoernes und Doelter 1881 S. 94—96.

solche konnten Flechten allenfalls zuerst im supermarinen Wald entstanden sein. Ausserdem hätten auch Flechten terrestrisch in der 4. bis Mitte der 6. Periode infolge der mangelnden atmosphärischen Kohlensäure nicht existiren können; Pflanzen müssen entweder der Luft oder dem Substrat ihren Bedarf an Kohlenstoffverbindungen entnehmen; das war bis dahin für Flechten nur im supermarinen Wald möglich.

Landpflanzen konnten erst entstehen, nachdem aus den ursprünglich ausnahmslos untergetauchten Meerespflanzen solche mit z. Th. über dem Wasser befindlichen, gegen die Austrocknung abgehärteten Pflanzentheilen, also supermarine Pflanzen entstanden waren, die auch zur Luft passenden Befruchtungsmodus und Lufttrockenheit aushaltende Früchte erworben hatten und nachdem eine reiche solche supermarine Vegetation und die darauf lebenden luftathmenden Thiere eine kohlensäurehaltige Atmosphäre geschaffen hatten.

Capitel IX.

Verwandtschaft ältester angeblicher Landpflanzen mit Meeresalgen.

Die Uebereinstimmung der vielgestaltigen Meerespflanzen in Bezug auf Gestalt mit einfachen Formen vieler Familien der Gefässkryptogamen und Phanerorgamen ist eine so mannigfaltige, dagegen bieten continentale Algen so verschwindend geringe habituelle Aehnlichkeiten, dass wir nur berechtigt sind, die höheren Pflanzen, nämlich Gefässkryptogamen, Gymnospermen, Monocotylen und Dicotylen, direct aus Meeresalgen abzuleiten. Ohnehin lassen sich die angiospermen Monocotylen und Dicotylen in Bezug auf Befruchtungseinrichtungen weder von Gefässkryptogamen noch von Gymnospermen, sondern nur von florideenartigen Meeresalgen ableiten.

Während man sonst die Tange als Thallophyten zum Unterschiede von Cormophyten, als Pflanzen ohne differenzirten Stengel und Blätter betrachtete, zeigte ich, dass mindestens 14 verschiedene pflanzliche Gestaltentypen bei den Meeresalgen und Farnen und verschiedenartigsten Phanerogamenfamilien zugleich sich finden, nämlich Zweigfaden, Binsen, Schachtelhalm, Najas, Schuppen (Lycopodium und Coniferen), Callitriche, Serraturthallus, Selaginellen, Fiederthallus (Farn), Dicotylenblatt, Monocotylen, Fucus,

Ulven, Cacteen-Typen.*) Christoph Gobi hat nachdem

*) Flora 1879, XLIII S. 401—423. Ueber Verwandtschaft von Algen mit Phanerogamen. In dieser Abhandlung komme ich nach Erörterung der morphologischen (gestaltigen) und geschlechtlichen Eigenschaften der grossen Pflanzengruppen sowie der bezüglichen bekannten Thatsachen und Gesetzmässigkeiten zu dem Schluss, dass wir nur berechtigt sind, folgenden heuristischen Stammbaum des Pflanzenreiches den Hauptzügen nach anzuerkennen, dem ich hier noch einige Erläuterungen beifüge:

Nährsubstrat bedürftige, ursprünglich in anorganischen Kohlenhydraten gedeihende Protisten und einfachste Algen. (Wasserpflanzen).

I.

nicht grüne, schmarotzende (bez. in einem Nährsubstrat — besonders in verwesenden Organismen — gedeihende) niedrig organisirte Pilze.

II.

grüne (selbständige) niedrig organisirte Algen.

III.

verschiedengestaltige (heteromorphe) Algen (Laubspross und Geschlechtsspross verschieden, bez. Generationswechsel)

IV.

eingestaltige (monomorphe) Oosporeen (Algen, deren weibliche Zellen offen liegen und direct befruchtet werden; männliche Zellen im Wasser selbstbeweglich = zoophil.)

V.

Carposporeen (weibliche Zellen eingeschlossen und durch einen Kanal mit Empfängnissorgan — Griffel und Narbe — Trichogyne — befruchtbar); männliche Zellen nicht zoophil.

:h weiter ausgeführt*), dass der Name Thallophyten und ; angeblich unterscheidende Characteristicum der gestalt- ıen Differenzirung zu verwerfen sei.

---

*) Botanische Zeitung 1881 Nr. 31 und 32. Gobi, Grundzüge einer syste- ischen Eintheilung der Gloeophyten (Thallophyten).

VI.

lechten = I und II vereint lebend (symbios). Epiphytische, bez. oberirdi- he Pflanzen ohne höhere Entwickelung.

VII.

ıubmoose (ohne Gefässbündel, mit algenartigem Vorkeim (Protonema).

VIII.

:teromorphe (isospore) Gefässkryptogamen (mit Gefässbündel im oberirdischen, sprünglich supermarinen Laubspross, dessen Sporen Früchte sind und eine ıdersgestaltige algenartige Pflanze, das Prothallium, mit Geschlechtsorganen zeugen; männliche Zellen zoophil).

IX.

ebermoose (ohne Gefässbündel), eingestaltig.

X.

ıonomorphe (heterospore) Gefäss- ryptogamen (die zweierlei Sporen nd Geschlechtsorgane und entwickeln ein besonderes Prothallium, sondern ıch der Befruchtung dieselbe neue flanze; männliche Zellen zoophil) = rogymnospermen.

XII.

Gymnospermen (Befruchtung nicht zoophil sonst wie bei IV und X, nur die Blüthen und Samen mehr diffe- renzirt. Die Blattnervatur weist auf den Ursprung als Wasserpflanzen hin; tropische Gymnospermen sind häufig noch Sumpfpflanzen; dicotyl oder poly- cotyl.

XI.

ıgiosperme Anthothalloiden (Angio- ıermen ohne ausgeprägte Differen- rung von Stamm und Blatt; Befruch- ng wie bei V, nur die Blüthen und ımen mehr differenzirt; zuweilen ıne Gefässbündel; monocotyl oder cotyl).

XIII. und XIV.

angiosperme Cormophyten (Stamm und Blatt differenzirt, und zwar:

XIV. Monocotylen (ursprünglich wesentlich amphibische Pflanzen mit Blattnervatur fluthender Wasserpflan- zen).

XIV.

Dicotylen (ausgeprägteste Landpflan- zen).

Wir dürfen demnach auch blos annehmen, dass sich die Gefässkryptogamen nur aus Tangen und zwar oceanisch

---

Ich möchte dazu noch ergänzen: Die andern Pilze (ausser I.) hat man als chlorophyllfrei gewordene schmarotzende Abnormitäten der höheren Algengruppen (III—V) zu betrachten, welche keine höhere Entwickelung erfuhren. Für die pilzartigen Angiospermen ist die genetische Erklärung die wahrscheinlichste, dass sie verkümmerte, schmarotzende, chlorophyllfrei gewordene Abnormitäten der Angiospermen (XI., XIII., XIV.) sind.

Die Cotyledonen (Keimblätter in den Samen) sind Reservenahrungsbehälter für die Keimpflanze; weshalb nun gerade eine Hauptabtheilung der Pflanzen nur ein Keimblatt, die anderen Blüthenpflanzen meist zwei (selten mehr) besitzen, ist bis jetzt noch nicht zu erklären versucht worden. Zwei solche fast allgemein durchgreifende Erscheinungen müssen jede ihre gleichmässigen Ursachen haben, und diese vermögen wir vielleicht entwickelungsgeschichtlich wie folgt zu erkennen: Wie schon die Blattnervatur annehmen lässt, sind die Monocotylen ursprünglich fluthende Wasserpflanzen gewesen, während die Dicotylen in den meisten Eigenschaften als ausgeprägtere Landpflanzen erscheinen, z. B. alle ihre Skeletteinrichtungen, um sich aufrecht zu erhalten, die als solche wenig im Wasser, wohl aber in der Luft besonders nöthig sind, sind vollkommener. Die Keimblätter haben nun nicht blos die Function der Ernährung der Keimknospe, sondern sie dürften auch, besonders als die angiospermen Blüthenpflanzen sich continental, also entweder im fluthenden Wasser der constant werdenden Flüsse oder auf dem steinigen, fast nackten Erdboden entwickelten, noch andere Functionen, insbesondere eine Balancirfunction für die Keimpflanze ausgeübt haben. Bei fluthenden Pflanzen ist nun ein einziges Keimblatt, also ein seitliches Keimblatt vortheilhafter, weil dadurch Reibung, welche eine junge fluthende Keimpflanze zwischen zwei Keimblättern ausgesetzt wäre, vermieden wird und weil die junge eingewurzelte Keimpflanze, welche einseitig fluthet, durch das stabile oder anderseits gerichtete, schwimmende Keimblatt ausserdem etwas aufrecht erhalten wird. Bei Landpflanzen dagegen, insbesondere solchen, die auf nacktem Boden keimen, ist ein zwischen zwei Keimblättern befindlicher Keimling im Vortheile, weil sie den Keim besser, bez. länger vor Austrocknung schützen und weil die zwei gleichgrossen Keimblätter der inmitten befindlichen Keimpflanze, welche in der Luft aufrecht wächst, eine Basis mit besserem Gleichgewicht bieten; diese Basis ist umsomehr nöthig, als die anfänglich schwache und meist gebogene Pfahlwurzel oft gar nicht im Stande wäre, die Keimpflanze zu tragen.

schwimmend entwickelten. In der That ist die Aehnlichkeit der ältesten sogenannten Landpflanzen mit manchen Tangen

---

Also primitive Blüthenpflanzen mit zwei Keimblättern konnten sich besser dem trocknen Landleben anpassen, während wurzelnde fluthende Wasserpflanzen sich monocotyl besser entwickelten; später ist dann auch diese ererbte Eigenschaft oft zwecklos geworden. Die monocotyle Eigenschaft scheint erst durch Verkümmerung später entstanden sein, da die ältesten im ruhigen Meer entstandenen Phanerogamen, Gymnospermen und Casuarinen, zwei oder mehr Keimblätter besitzen; auch diese mögen ursprünglich unregelmässig polycotyl gewesen sein, als sie noch marine, bez. hemipelagische Pflanzen waren und dürften sich erst als Landpflanzen regelmässig dicotyl entwickelt haben.

Auch die Wurzelverhältnisse weisen auf denselben Entwickelungsgang der drei Gruppen Gymnospermen, Monocotylen, Dicotylen als ursprüngliche Pflanzen ruhiger marinen, bez. fluthender Gewässer, bez. trockner windiger Landbildung hin. Die Wurzeln sind ursprünglich aus Hapteren, d. h. Haftorganen ohne Ernährungsfunktion und aus Wurzelhaaren entstanden; die rein schwimmenden Pflanzen hatten solche Gebilde gar nicht nötig, sondern bildeten, um die Luftstämme zu tragen, allenfalls allseitig flach ausstrahlende, stigmarienartige Rhizome, wie sie uns, terrestrisch geworden, dadurch entblättert und mit Seitenwurzeln versehen, noch bei den Coniferen entgegentreten; die Coniferen in einer windarmen Periode entstanden, sind, weil ohne Pfahlwurzeln, gegen Stürme schlecht geschützt und leiden, wo sie nicht in sehr dichten Beständen wachsen, leicht durch Windbruch. Die Monocotylen zeigen noch keine regelmässigere Wurzelbildung; ihnen wären als ursprünglich fluthenden Pflanzen die Pfahlwurzeln, weil leichter durch das Wasser abdrehbar und nur eine Befestigung bietend, sogar nachtheilig gewesen. Wenn sich nun auch schon im Carbon Pfahlwurzeln bei den schlammbewohnenden Calamodendreen aus unterirdischen Stämmen entwickelten, so entstanden doch echte Pfahlwurzeln erst, als krautige Angiospermen die trockenen Continente besiedelten; hier mussten sie tiefer in das Erdreich oder in die Gesteinsritzen eindringen, um Feuchtigkeit und Nahrung zu finden und solche einzelne tieferdringende Wurzeln haben sich dann auf Kosten der Seitenwurzeln besser erhalten; anderseits bedurften die höher wachsenden Pflanzen eines besseren Schutzes gegen die nunmehr heftig auftretenden Windwirkungen und dieser Schutz entstand am Besten, indem die Baumstämme eine directe, gerade und tiefe Fortsetzung durch die Pfahlwurzel in den Boden fanden; nur Pflanzen, die sich derart den neuen Verhältnissen anpassten, erhielten die vollkommneren

so bedeutend, dass sich die Entscheidung, ob Tang ob Farn, oft nicht direct, sondern nur durch Nebenumstände (geologische Lagerungsverhältnisse, Entwickelungsgeschichte) treffen lässt. Die meisten Gelehrten machen sich nun die Sache leicht und entscheiden kurzweg, weil jetzt die hochentwickelten Meerespflanzen selten oder ihnen unbekannt sind und weil Gefässkryptogamen meist Landpflanzen sind, dass auch die ältesten ähnlichen Fossilien Landpflanzen seien Dem widerspricht aber die Entwickelungsgeschichte, wie ich es darzulegen versuchte, und dem widersprechen eine Menge geologischer, die Steinkohlenablagerung aus Meerespflanzen beweisender Thatsachen, wie ich im 11. Capitel ausführlich zeigen werde.

Doch sehen wir uns einige der angeblich ältesten Landpflanzen einmal genauer an: Bei Eopteris Morieri Saporta*) aus dem Mittelsilur finden wir einen Blattrest, an dessen Mittelrippe breitaufsitzende Blattrestspuren und ausserdem ungleich grosse, kurzgestielte Blättchen sich befinden; eine solche Erscheinung ist nur von verschiedenen Delesseria-**) Arten, aber nicht von Farnen bekannt.

Bei den devonischen Resten des krautigen Psilophyton

Eigenschaften der Dicotylen. Die Monocotylen als ursprünglich fluthende Pflanzen, welche wegen der Nahrung nicht tief, sondern nur wegen des Fluthens vielfach einzuwurzeln brauchten und keinen ihre Existenz gefährdenden Windwirkungen ausgesetzt waren, behielten einfachere Wurzelverhältnisse, bez. erhielten keine Pfahlwurzeln.

*) Saporta, die Pflanzenwelt vor dem Erscheinen des Menschen. Uebersetzt von Vogt 1881, Tafel 1. Ich besitze ein etwas durch Fäulniss verdorbenes Exemplar von Delesseria sinuosa, welches auffallende Aehnlichkeit mit dem Erhaltungszustand von Eopteris Morieri zeigt. Das ideale Bild von Eopteris in Zittel, Paläontologie ist nicht richtig restaurirt. Dagegen gehen Weiss und Stürz (N. Jahrb. f. Min. 1883 I, S. 141) wohl zu weit, wenn sie die organische Natur von Eopteris überhaupt bestreiten.

**) Kützing, tab. phyc. XIX, 10—15.

Dawson müssen wir uns an die Abbildungen der fossilen Reste halten,*) nicht aber an die tendenziös „restaurirten“ Figuren von Psilophyton, welche man in Lehrbüchern meist nur findet und welche fälschlich Holzstämme, kapselartige Früchte, sowie eingerollte Blätter und Zweige zeigen und zwar in einer Weise eingerollt, wie es bei Lycopodiaceen selbst gar nicht vorkommt, wohl aber von einer irrigen Systematik angegeben wird. Die fossilen Reste sind knorpelige, verzweigte, schwache Stengel ohne holzartige Structur und haben dornartige Anhängsel (keine Blätter), die in Bezug auf Anordnung, Grösse und Richtung so unregelmässig sind, dass man nicht an das meist epiphytische und seltene Psilotum mit regelmässigen Dornen, sondern an Meeresalgen mit dornigen Auswüchsen erinnert wird, z. B. an Gigartina aculeata, spinosa, isiformis, ornata, welche auch die schwach gebogenen Zweigenden wie Psilophyton besitzen, oder man wird an echte Fucaceen erinnert, z. B. Coccophora Langsdorfii, Cystoseira abies marina, sedoides und verwandte Arten, die in ihren blasenlosen Formen oft einen ausgeprägteren Lycopodiaceen-Habitus tragen als Psilophyton, das übrigens neben vielen Fucaceen und auch mit Fischresten zusammen fossil gefunden**) ward. Wie unsicher und willkürlich die Erklärung solcher devonischer Fossilien als Landpflanzen ist, mag man daraus ersehen, dass Roemer Psilophyton zu den wasserbewohnenden Isoetaceen stellt und Zittel in seinem Handbuch der Paläontologie II, 184, Psilophyton mit Drepanophycus und Halyserites identificirt, also mit Formen, die sonst stets als zweifellose Fucoiden betrachtet werden. Zittel stellt Psilophyton nur wegen der eingekrümmten Zweigenden

*) Lethaea geognostica von Ferd. Römer t. 33. Dawson in Geolog. Survey of Canada 1871.

**) Just, botan. Jahresber. II, 582. Neues Jahrbuch f. Mineralogie 1882, I, 130.

zu den Lycopodiaceen; wie wenig aber dieses angeblich für die Gefässkryptogamen unterscheidende Merkmal werth ist, geht daraus hervor, dass es gerade viele Lycopodium-Arten gar nicht besitzen und dass bei den Meeresalgen eingebogene und sogar eingerollte Zweigspitzen nicht gerade selten sind; vergl. z. B. Kützing tab. phyc. XII, 43; XIII, 74; XIV, 70; XV, 13, 19—22, 27, 37, 44; XVI, 25, 43—45, 76; XVII, 38, 50; XVIII, 6, 7, 19—25 (Hypnophycus!), 30—81; XIX, 14, 22, 38, 55, 67. Die Wurzelverhältnisse von Psilophyton sind streitig (Just II, 584); aber selbst, wenn es ein kriechendes Rhizom besessen hätte, so wäre dies doch auch nur eine bei Meeresalgen zuweilen auftretende Eigenschaft. Die sogenannten Früchte sind fast nackte Sporen auf keulenförmigen, zuweilen gegabelten Aesten, wie dies bei echten Fucaceen, z. B. Sargassum vorkommt. Immerhin mag Psilophyton eine der frühesten Pflanzen gewesen sein, die sich theilweise über Meeresniveau erhob und in den wiesenartigen Anhäufungen schwimmender Oceanpflanzen jener Zeit seinen Boden fand.

Die angeblichen Reste einer silurischen Conifere Prototaxites hat schon Carruthers auf Grund eingehenderer Forschung richtiger als Tang gedeutet und Nematophycus genannt, was neuerdings auch von Hicks*) und Etheridge bestätigt wird.

Unter den jetzigen Paläontologen herrscht eine Manie, die ältesten Landpflanzen zu entdecken, welche sich jedoch bei exacter Prüfung meist als tangartig herausstellen. Doch giebt es auch rühmliche Ausnahmen; so stellt Stur eine Anzahl Pflanzen, die von anderen zu Landpflanzen gerechnet wurden, zu den Algen**); z. B. Protolepidodendron, bez. Equise-

*) Quaterly Journal of the geological society, London XXXVII, 482—496.

**) Vergl. Stur, die Silurflora der Etage H—h in Böhmen. 84. Band der Sitzungsberichte der k. Acad. d. Wiss. in Wien. — Neues Jahrbuch 1882 II, 151, Referat von Weiss.

tites siluricus ist nach Stur eine Siphonee, die er zu Chauvinia stellt und die nach Weiss an Dicranophyllum erinnert; eine andere Protolepidodendron-Art wird von Stur als Barrandeina wegen spiralgestreifter Früchte und anderer Analogien in die Verwandtschaft der Characeen gestellt. Protopteridium gehört nach Stur zu den Florideen, während Fucus Nowaki, Hostinella, Lessonia bohemica nach Weiss mit Dawson'schen Landpflanzen Psilophyton und Arthrostigma Aehnlichkeiten zeigen.

Manche angebliche Landpflanzen, z. B. Sigillaria palpetra Dawson, Sigillaria Hausmanniana Göppert werden von Heer*) für gar nicht organischen Ursprunges gehalten. Angeblich landbewohnende silurische Sigillarien von Lesquerreux, bez. Protostigma sigillarioides werden von Newberry**) und Miller***) als Basalstücken starker Fucoiden betrachtet, die übrigens die Eigenschaft abfallender Aeste auch zuweilen zeigen. Untersilurisches Psilophytum gracillimum, das Lesquerreux auch als Landpflanze deutete, wird von Claypole und von Miller†) mit marinen Graptolithen identificirt. Dagegen stellt Claypole sogar eine obersilurische baumartige Landpflanze, Glyptodendron auf, unter gänzlicher Vernachlässigung des Umstandes, dass es auch baumartige Tange (Lessonia) und auch Tange mit Lepidosigillarien-ähnlichem Habitus giebt, und dass aus bis dahin blos existirenden Tangen nicht ohne Weiteres Landbäume werden konnten; es ist eine unklare Idee oder Gedankenlosigkeit, wenn man grosse oder gar baumartige Tange, welche nicht einmal hemipelagisch sind, sondern im ruhigeren, etwas tieferen Meere wachsen, ohne Weiteres zu Landbäumen umgewandelt sich vorstellt.

---

*) Just I, 432.

**) Just II, 582.

***) Just VII, 129.

†) Just VI, 397, VII, 129.

Eine sehr häufige angebliche Equisetacee, bez. Calamariee des älteren Carbon, welche man als Leitfossil des älteren Carbon, bez. Devon auffasst, Archaeocalamites radiatus (Brongniart) Stur = Calamites transitiones Göppert, ist so tangähnlich, dass man diese Pflanze bei dem Mangel der zweifelhaft bekannten ährenförmigen Fruchtstände für eine grosse Meeresalge halten möchte: der Stengel ist, abgesehen von der Grösse, genau so, wie er sich jetzt bei Lomentarien und Champia öfters findet, nämlich gegliedert (hohl), mit senkrecht gerade übereinanderstehenden Riefen, bez. Rippen und Zellen; die Blätter oder vielmehr thallusartigen Aeste sind unregelmässig, sehr schlaff, 3—4 fach gabelartig getheilt, also ausgeprägt tangartig; sie erscheinen in dieser Hinsicht sogar tangartiger als manche jetzige Arten von Lomentaria und Champia, welche zuweilen einen ausgeprägteren Equisetum-artigen Habitus besitzen, insofern deren blattartige quirlige Aestchen manchmal umgetheilt, gleichgross und viel regelmässiger angeordnet sind. Einzelne vom Stengel des Archaeocalamites losgerissene Blattreste sind von Fucoiden durchaus nicht zu unterscheiden und vielleicht schon als solche beschrieben worden. Die Inflorescenzen, bez. Fruchtstände sind, wie gesagt, nur zweifelhaft bekannt; ein Exemplar, welches man dazu rechnet, ist ährenförmig; letztere Eigenschaft ist den Tangen aber auch nicht fremd, z. B. manche den Lomentarien naheverwandten Laurencia-Arten, z. B. L. glomerata (Ktzg. tab. phyc. XV. 73) besitzen ährenförmige Fruchtstände. Noch Equisetum-ähnlichere Eigenschaften besitzen manche der marinen kleinen Centroceras-Arten und diese zeigen sogar zugleich die ährenförmigen Fruchtstände, z. B. C. macranthum (Kützing XIII t. 19); vergl. ferner Spyridia (XII. 48), Echinoceras (XII. 86—93), Cladostephus (VI. t. 7—10) und wegen Lomentaria, Champia XV. t. 84—96. Alle diese kleinen Equisetum-ähnlichen Meeres-

algen sind zweifellos in den salzarmen, ruhigen Oceanen der 5. und 6. Periode durch grössere verwandte Formen vertreten gewesen und eine solche ist Archaeocalamites.

Ist nun der devonisch und carbonisch häufige Archaeocalamites den Tangen näher verwandt als den Equisetaceen, so stellt er doch ein wichtiges Mittelglied zwischen Tangen und Calamarieen dar, bez. da letztere mit Calamodendron in enger Beziehung stehen, verbindet er die Tange mit den zu den ältesten grösseren Dicotylen gehörigen Casuarinen. Bei den Kieselsäure einlagernden Equisetaceen und ähnlichen Pflanzen aus der 5. und 6. Periode ist ein schnelleres und früheres Fest- und Steifwerden des Stammes und infolge dessen auch ein früheres Emporschiessen über die Wasserfläche anzunehmen, weil die eingelagerte Kieselsäure ähnlich wie der Holzstoff als Skelettverfestigungsmittel dient und weil wasserlösliche Kieselsäure (oder -verbindungen) nicht blos eher den Pflanzen zur Verfügung gestanden hat als der Holzstoff, sondern wahrscheinlich auch in dem wärmeren, salzarmen Meerwasser jener Zeit viel mehr als jetzt gelöst war.

Dadurch würde es sich nun auch erklären einerseits, dass diese wahrscheinlich theils submersen, theils supermarinen Archaeocalamiten von allen grösser entwickelten Pflanzen aus dem Carbon noch am tangähnlichsten erscheinen, andererseits, dass diese Pflanzen, weil sie zuerst über Wasserniveau emporgelangten, sich zuerst zu dem besseren aërophilen Befruchtungsmodus, dem der Angiospermen anpassten und so zur Entstehung der wahrscheinlich ältesten baumartigen Dicotylen, der den Casuarinen nahestehenden Calamodendreen, Anlass gaben.

Die carbonischen Gefässkryptogamen sind noch viel tangähnlicher als die jetzigen, und manche, besonders die epiphytischen Formen, lassen sich von Tangen kaum unterscheiden, z. B. Aphlebia, Cyclopteris, Fucoides, Hymeno-

phyllites, Nephropteris, Rhacophyllum, Rhizomopteris, Rhodea, Schizopteris, Spiropteris, Trichomanites u. s. w. Bei Rhacopteris steigert sich (nach Beyschlag, Referat im bot. Centralblatt XIII, 337) der Uebergang von Algenähnlichkeit zur Farnähnlichkeit mit den höheren Schichten, also im Verlauf der zeitlichen Entwickelung; die unteren Schichten enthalten stark zerschlitzte Formen, die oberen vollere Formen.

Ausserdem hat man die carbonischen Pflanzen so oft in Gesellschaft von marinen Thierresten und unbezweifelten Tangen in ungestörten paralischen, marin abgelagerten Kohlenschichten gefunden, dass sie wie jene nur marinen Ursprunges und gleichen Standortes gewesen sein können, was wir im Capitel XI des Weiteren erörtern wollen.

Capitel X.

Die Ablagerung carbonischer Sedimente im Meer.

Es möge vorerst, um etwaigen Bedenken zu begegnen, erklärt werden wie die abwechselnde Ablagerung mächtiger, meist sedimentarmer und schwacher, meist sedimentreicher Steinkohlenfelder im Meer stattgefunden haben kann. So lange sehr starke Ablagerung zusammengeschwemmter erdiger Sinkstoffe, also massenhafter heftiger Wasserzufluss stattfand, wurde dadurch die schwimmende Carbonflora weiter ins Meer hinausgetrieben; sobald dagegen die Flüsse infolge zu starker Sedimentation und Geröllablagerung ihre Mündungen nach anderen Meerestheilen verlegten, breitete sich die schwimmende Flora wieder über den ruhiger gewordenen Meerestheil aus, lagerte ihre absterbenden kohlenliefernden Reste auf den erdigen Sedimenten lange Zeit in reinen Mengen ab, bis wieder durch eine Flussmündungsverlegung reiche erdige Sedimente zugeführt und die schwimmende Flora mehr oder minder verscheucht wurde. Zwischen diesen beiden extremen Bildungen der paralischen Kohlenfelder finden sich selbstverständlich mancherlei Zwischenstufen, wie sie auch durch die mancherlei Variationen der zufliessenden Gewässer bedingt waren und den mehr oder minder reinen oder mit erdigen Sedimenten gemischten Steinkohlenablagerungen entsprechen.

Ausser dieser wechselnden Ueberlagerung mit feinen Schlammschichten, welche auf Zuführung von fluviatilen Pro-

ducten, also auf continentaler Erosion beruht, ist noch eine Schlammüberlagerung (Transgression) durch litorale Abrasion anzunehmen. Da die Abrasion von den meisten Geologen unterschätzt oder gar nicht gewürdigt wird, bez. Vielen noch unbekannt ist, trotzdem Ramsay sie bereits ausführlich behandelte, und erst neuerdings durch F. v. Richthofen*) ihre grossartigen Wirkungen mehr hervorgehoben wurden, sei es hier gestattet, einige kurze Erläuterungen darüber zu geben.

Die Abrasion, d. h. die Zerstörung der Küsten durch die Brandung, wirkt bei gleichbleibendem Meeresniveau mässig; an Felsküsten bildet sie eine horizontale Zerstörungszone je nach 1) der Heftigkeit der Brandung und 2) Höhe der Ebbe und Fluth. Beide Erscheinungen sind nicht immer von einander abhängig und mit einander verbunden; wenn sie sich aber beide in ihrem Maximum vereinigen, so wirken sie am meisten zerstörend, unterhöhlen die Uferfelsen stark, worauf die überhängenden Felsen nachstürzen; deren Bruchstücke werden in der Brandung zerrieben, das Geröll und der Grus bleibt meist in Ufernähe, die schlammigen Zerreibungsproducte entfernen sich weiter ins Meer. Indess bei gleichbleibendem Meeresniveau an stabiler Küste schreitet die Zerstörungszone relativ nur wenig landeinwärts.

Bei saecular sinkendem Meeresniveau oder saecularer Küstenhebung findet die geringste oder gar keine Abrasion statt; in der Regel verschlammt dabei die Küste und an Flussmündungen bilden sich Deltas; diese verschlammen am meisten und es bildet sich dann neues Land in und vor den Flussmündungen, wenn gleichzeitig Ebbe und Fluth ruhig einwirken**).

---

*) China II, 766—783.

**) Vergl. O. Kuntze „Um die Erde“ S. 506. Rudolph Credner in 56. Ergänzungsheft v. Petermanns geogr. Mitth.

Bei saecular steigendem Meeresniveau, bez. saeculärer Küstensenkung dagegen findet nicht blos häufige Küstenversandung und Abnahme der Deltas, bez. keine Deltabildung, sondern auch bedeutende und ausgedehnte Abrasion des Küstenlandes statt. Die Abrasion hat, wie F. v. Richthofen nachweist, wiederholt grosse Continenttheile mit hohen Gebirgen ebenflächig abradirt. Dieses ist dadurch erklärlich, dass die Zerstörungszone der Brandung durch saeculäres Versinken des Landes (= saeculäres Steigen des Meeresspiegels) allmählich landeinwärts dringt und eine submarine flache Ebene (weil die gesteinzerreibende Brandung nicht tief im Wasser mehr wirkt) zurücklässt. Ward dann eine Küstenstrecke über Wasser erhoben, welche Hebung nur gering zu sein braucht, so befindet sich neben dem ursprünglichen Strandgebirge ein flaches Land: das Abrasionsplateau, bez. die ursprüngliche submerse Basis der gesteinzerreibenden Brandungszone, welche, weil sie mit der saecularen Landsenkung (bez. steigendem Meeresniveau) gleichzeitig tiefer ins Meer sank, also der weiteren Zerstörung enthoben ward, als Ebene erhalten blieb.

Es ist für die Abrasion characteristisch, dass sie ohne Rücksicht auf schwer oder leicht zerstörbare Gesteine Ebenen schafft, also entgegengesetzt wirkt, als Erosion; die frühere Abrasion grosser Länder und Gebirgsstrecken kann keinem Zweifel unterliegen, da die Schichtenköpfe und Faltungen der verschiedensten Gesteinsformationen flach abradirt worden sind, wenngleich diese Ebenen nach ihrer Emporhebung über Wasser durch spätere Erosion vielfach wieder zerschnitten wurden. Andererseits lässt sich die grosse Ausdehnung mancher marin-sedimentärer Gebirgsschichten, namentlich von gleichmässigen, weit ausgedehnten, mächtigen Sandsteinablagerungen, wie sie auch im Carbon vorkommen, nicht durch Erosionsproducte entstanden, sondern nur durch

Abrasionsproducte erklären, denn Flüsse, welche die Erosionsproducte dem Meere zuführen, können nur localbeschränkte, minder regelmässige Ablagerungen erzeugen.

In den früheren Perioden, als die Erdkruste noch nicht so starr abgekühlt war, sind die saecularen Küstensenkungen und Hebungen als häufiger vorauszusetzen und es würde sich dadurch eine ergänzende Erklärung bieten für die abwechselnde periodische Bildung einerseits von reinen Steinkohlenschichten aus schwimmender mariner Vegetation während einer saeculären Küstenhebung mit fast fehlender Abrasion und Sedimentzuführung; andererseits von lediglich abradirter Sedimentbildung oder von stark mit Sedimenten verunreinigter Kohlenbildung aus marin schwimmenden Pflanzen während der saecularen Küstensenkung. Es sonderten sich die marinen Abrasionsproducte mechanisch ebenfalls in feinschlammige, die sich entfernt vom Strand ablagerten und zur Kohlenerhaltung besser geeignet waren und in sandige, zur Kohlenerhaltung wenig geeignete, die mehr in der Küstennähe verblieben, soweit die feinsandigen nicht etwa auf dem untergesunkenen, geneigten Abrasionsplateau durch gleitende Bewegung weiter entfernt wurden.

Die Entstehung mächtiger submariner Kalklager aus chemisch zersetzten im Meerwasser gelösten Kalkbicarbonat durch Meerespflanzen haben wir bereits in früheren Capiteln erörtert. Es ist selbstverständlich nicht ausgeschlossen, dass ausserdem vor Flussmündungen durch Erosion entstandene alluviale, ferner längs der Küsten durch Abrasion entstandene transgredirende carbonische Kalkablagerungen von minderfeinem und gröberem Korn, bez. kalkige Conglomerate entstanden. Nur liefert Erosion und Abrasion nie grössere reine Kalksedimente, wie der durch Pflanzen verursachte meiste Kohlenkalk, sondern mit Thon oder Sand verunreinigte mergelartige.

Capitel XI.

Beweise für die oceanische Lebensweise aller Steinkohlen liefernden Pflanzen und Widerlegung irriger Hypothesen über Steinkohlenbildung.

Unter paralischen oder marinen Kohlenschichten versteht man im Gegensatz zu limnischen und ästuarischen Kohlenlagern, solche concordante Schichten, die aus vollkommenen Parallelmassen bestehen, welche sich meist über grosse Strecken in erstaunlicher Regelmässigkeit ununterbrochen und jede Schicht in nahezu gleicher Mächtigkeit und Beschaffenheit selbst über Mulden und Sättel ausbreiten; dies gilt auch für dünnere Schichten. Besonders ist dieselbe Regelmässigkeit der zwischengelagerten Thonschichten und feinen sandigen oder kalkigen Sedimentschichten beachtenswerth, denn einzelne ausgedehnte Kohlenlager können, wie manche Moore beweisen, auch limnisch entstehen, aber diese regelmässige, für jedes Niveau auf grosse Strecken durchgehende Ueberlagerung mit gleichen und feinen Sedimenten ist ein Zeichen ihrer Ablagerung im Meere etwas entfernt vom Strande oder von den Flussmündungen und fehlt den späteren Kohlenbildungen.

Die in und dicht vor Flussmündungen entstandenen

ästuarischen *) Kohlenlager zeigen die grösste Unregelmässigkeit, soweit sie überhaupt erhalten wurden; es lässt sich das auch in den von Flussmündungen zertheilten Deltas bei dem störenden Einfluss der Gezeiten und des zeitweise angeschwemmten Gerölles nicht anders erwarten.

Zwischen ästuarischen und paralischen Kohlenschichten giebt es selbstverständlich mittlere Bildungen, die minder regelmässig sind; auch wurden durch die Einbuchtungen des Strandes und die ungleiche Beschaffenheit der Bodenverhältnisse in Meeresbuchten, sowie wohl auch durch manchmalige vulcanische Störungen bei Entstehung der Kohlenfelder und durch Hebung oder Senkung der Strandgebiete weitere Unregelmässigkeiten der Kohlenfelder bedingt, sodass als Beweis für die marine Entstehung der paralischen Kohlenschichten nur die ausgeprägter regelmässigen Steinkohlenfelder gelten können.

Diese paralischen Schichten, welche oft Meeresthierzwischenlagerungen enthalten, sind indess meist so regelmässig, oft so zahlreich über einander, zuweilen sehr dünn und über so ungeheure Strecken ununterbrochen (d. h. von späteren Verschiebungen abgesehen) ausgedehnt, dass bei Entstehung solcher Schichten jede, selbst die geringste Katastrophe ausgeschlossen ist, wogegen ihre Entstehung durch ruhige Ablagerung unter Wasser zweifellos ist. Es ist also ausgeschlossen katastrophenartige Hebung und Senkung der Küsten und des Meeresbodens, wie es z. B. die H. Credner'sche Steinkohlentheorie beansprucht, derzufolge mancherorts die Kohlenterrains sich wie ein Blasebalg mehrere hundert Mal über und unter Meer bewegt haben müssten; es ist ausgeschlossen die Süss-Hörnes'sche Theorie, derzufolge die paralische Steinkohlen-

*) Bezüglich ästuarischer Kohlenlager vergl. Zincken, Physiographie d. Braunkohle S. 46.

bildung bei dauernder Küstensenkung im Gebiet der Ebbe und Fluth*) stattgefunden haben soll; es sind ausgeschlossen die Annahmen, dass die marinen Thierreste durch häufige zerstörende Hochfluthen in eine hypothetische terrestrische Carbonflora geworfen seien; bei den oft äusserst dünnen und regelmässigen Thonschichten ist selbst eine unmittelbar darauf wachsende Sumpfflora ausgeschlossen, da solche dünne Schichten durch Wurzeln stets hätten zerstört werden müssen, bez. gar nicht hätten zur Ausbildung kommen können; es ist schliesslich die sogenannte Flötztheorie ausgeschlossen — und daher der Name Kohlenflötz, der nur auf manche seltene und kleine limnische Kohlenlager passt, für Steinkohlenfelder falsch — weil Zuflötzung von Landpflanzen ins Meer überhaupt keine Kohlenlager, sondern nur ein wirres Gemisch von viel Sedimenten und wenigen vereinzelten Kohlenresten bildet. Es bleibt also nur der einzige Fall übrig, dass die Pflanzen, aus deren Resten sich die paralischen marinen Kohlenfelder bildeten, dort wuchsen, wo diese paralischen Schichten entstanden, also im Meer selbst, und zwar dass sie in der Regel schwimmend dort vegetirten, da sich sonst darunter keine feinen Thonschichten hätten ablagern können. Dies wollen wir nun ausführlich des Weiteren begründen.

Dass die Steinkohlenbildung im tieferen Meer stattfand, sprach zuerst G. F. Parrot aus**); er bringt indess nur einen zwingenden Beweis dafür, indem er folgert, dass sonst nicht zu erklären wäre:

1) woher manche mächtige Steinkohlenlager die Menge der untermischten erdigen Sedimente erhalten hätten, denn Torflagern würden sie blos auflagern. Es bedarf dies einer

---

*) Vergl. Kosmos VI. 243, 244. O. Kuntze. Für das salzfreie Urmeer.

**) Parrot, Physik der Erde 1815 III, S. 669–676.

Erläuterung: etwas Sedimente können durch jährliche Ueberschwemmungen den Torfmooren und Flussrandwäldern zugeführt werden, ohne dass diese Vegetation zerstört wird; ja diese Sumpfwälder, welche z. B. neben dem Mississippi und Amazonenstrom mächtige limnische Kohlenanhäufungen veranlassen, würden ohne diese zeitweise zugeführten Sedimente gar nicht bestehen können. Aber viel und gleichmässige Zufuhr von Sedimenten, welche permanente oder sehr häufig intermittirende grossartige Ueberschwemmungen voraussetzt, zerstört eine solche nicht schwimmende Vegetation. Bei den Steinkohlen findet aber ein häufiger allmählicher Uebergang vom Thonschiefer zum Kohlenschiefer und zu thonreicher, sogenannter versteinerter bis reiner Kohle statt, also bei z. B. 50% Thon enthaltender Kohle wurden gleichzeitig ebensoviel erdige Sedimente als Kohlen liefernde Pflanzenreste abgelagert; das ist aber wegen des enormen permanenten Wasserzuflusses, wie er durch eine solche mächtige Zuführung feinen Schlammes bedingt ist, nicht bei einer terrestren, sondern nur bei einer schwimmenden Flora möglich. Bei späteren Kohlen finden sich auch, da sie nicht marin entstanden, solche paralische Kohlenschiefer und thonreiche Kohlenlager, die gleichmässig mit Thon gemischt sind, nicht mehr. — Parrot nimmt auch an, dass die Kohlen aus Meerespflanzen entstanden seien; er lässt aber die baumartigen Pflanzen noch vom Lande zugeschwemmt sein.

Gust. Bischof in seinem classischen Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie (2. Auflage, 1. Band, 1863) vertrat die Ansicht, dass sich die Kohlen vorzugsweise im Meere aus zugeschwemmtem vegetabilischem Detritus gebildet haben; bis auf die Zuschwemmung des Detritus können wir dem beistimmen. Er führt für die Ablagerung im Meere eine Anzahl Beweise an, die wir möglichst gegliedert und selbständig wiedergeben wollen. Betreff der in diesem

ersten Beweis zu behandelten Vermischung von Kohle und erdiger Substanz mögen nur folgende Stellen citirt werden:

»Verschiedene Gesteine, Schiefer und Kalksteine enthalten häufig sehr bedeutende Quantitäten bituminöser Substanzen, welche 10% und noch mehr betragen. Ihre Mächtigkeit ist nicht selten so gross, dass bedeutende Kohlenmassen entstehen könnten, wenn man sich diese Substanzen aus dem Gesteine in Flötze abgesondert und in Steinkohlen umgewandelt denkt. Die bituminösen Substanzen in Schiefern sind, wie diese, mechanische Absätze; die Theilchen organischer Substanzen, aus denen sie entstanden sind, waren daher mit den unorganischen Stoffen im Wasser, aus welchen sie sich abgesetzt haben, suspendirt.« (S. 749, 750). »Die Kohlensubstanz und die unlöslichen Bestandtheile sind unstreitig gleichzeitige Absätze aus einem Meere« (S. 766). »Steinkohlen in denen sich . . . die Bestandtheile des mit ihm alternirenden Schieferthon finden, können nicht aus dichten Holzarten ohne vorhergegangene Vermoderung entstanden sein. Dasselbe gilt auch von den Kohlen mit*) Nestern von feinem Schieferthon, Sandstein oder Hornstein, welche sich bisweilen mitten in den Kohlenflötzen finden.« (S. 760, dann folgen specielle Angaben über »versteinerte«, d. h. mit viel erdigen Sedimenten innig gemischten Kohlen bis S. 770).

Bischof combinirt mit der Zuschwemmungshypothese auch die Tangtheorie (S. 798, 808, 809), ferner bemerkt er S. 758: »Von Kohlen, welche so bedeutende Quantitäten Kalk wie (Probe) IV und V enthalten, ist zu vermuthen, dass sie aus Wasserpflanzen entstanden sind«. Ehe wir jedoch auf die

*) Diese zwei zweifellos ausgefallenen Worte, ohne welche der Satz gar keinen Sinn hätte, habe ich hinzugefügt; in besseres Deutsch übertragen müsste der Satz lauten: Dasselbe gilt auch von den Kohlenflötzen, inmitten derer sich Nester von feinem Schieferthon, Sandstein oder Hornstein finden.

anderen Beweise, die Bischof erbringt, eingehen, sei diese Tangtheorie, welche F. Mohr*) manchmal auf recht unkritische Weise weiter ausführte, insoweit behandelt, als wir die anzuerkennenden Beweise, welche Mohr lieferte, nun besprechen:

2) Es giebt bis 40 Fuss mächtige Kohlenschichten, die etwa 800 Fuss lebender Organismenschicht entsprechen; selbst wenn die Schicht nur $^1/_{10}$ so stark wäre, so müsste man fragen, worauf wuchsen denn die Pflanzen, da Erde in vielen Kohlenschichten fehlt? Deshalb mussten Wasserpflanzen das Material geliefert haben. Ferner: diese Kohlenschichten lagern direct auf Felsgesteinen, z. B. Kalk, Quarziten, Granit, Gneiss, Glimmerschiefer, also auch hier fehlt die hypothetische Dammerde für die Kohlenpflanzen.

Dieser Beweis ist nur bedingungsweise richtig und möchte ich hierzu bemerken, dass a) zwar auch Torfmoore so sedimentarme Kohlenschichten erzeugen können, aber bei ausgedehnten Mooren**) nicht annähernd in solcher Mächtigkeit

---

*) Mohr, Geschichte der Erde, 1866 und 1875.

**) Die ausnahmsweise mächtigere Torfbildung in isolirten kleinen Seebecken — in grösseren tiefen Seebecken findet allenfalls nur am Ufer Torfbildung statt und in grösseren flachen Seebecken sind wiederum die Torflager nicht mächtig — kann nicht zum Vergleich mit weitausgebreiteten paralischen mächtigen Steinkohlenschichten gebraucht werden; jetzt sind sogar über 40′ starke Steinkohlenfelder bekannt: eines bei Dabrowa in russisch Polen 18 m mächtig, 30 km lang, das Xaveri-Flötz in Oberschlesien ist 16 m mächtig und die Gesammtmächtigkeit der oberschlesischen Steinkohlenflötze beträgt 154 m. Die ausgedehnteren Moore, die also schwächere Lager liefern, sind keineswegs von solcher Ausdehnung und Zusammenhang, wie es sich Viele vorstellen oder wie es den grösseren Steinkohlenfeldern entspricht. Im Ausland 1882, S. 470, giebt Dr. Salfeld z. B. eine Statistik der Moore des nordwestdeutschen Tieflandes und der Niederlande, wonach durchschnittlich nur etwa 20% der gesammten Fläche von Mooren bedeckt ist, die Torfmoore in Summa nur etwa 157 deutsche Quadratmeilen einnehmen und sich nicht im gleichen Niveau, sondern bald auf den Höhenrücken der Wasserscheiden, bald neben den Gewässern befinden.

oder ununterbrochen gleichem Niveau, wie manche Steinkohlenlager existiren und dass keine einzige gleiche oder verwandte Pflanze, welche für Torfmoorbildung bedingend ist, als zur Steinkohlenzeit existirend bekannt geworden ist, ferner dass Torfmoore nur im gemässigten und kalten Klima vorkommen, also auch deshalb für die Carbonzeit nicht angenommen werden dürfen;

b) dass zwar auch Flussuferwälder oder Seeuferwälder sedimentarme, wenn auch nicht paralische und vielleicht auch nicht bis 40 Fuss starke Kohlenschichten erzeugen können, wie die oben erwähnten tropischen und subtropischen Gebiete am Amazonenstrom und südlichen Mississippi, sowie die Dismal Swamps in Virginia und Carolina*) beweisen, dass aber solche kohlenliefernde Gebiete von constanten Flüssen bedingt sind, welche in der Carbonzeit noch völlig fehlten. Constante Flüsse sind blos auf reichbewachsenen Continenten möglich; werden die Wälder, wie es z. B. in den östlichen und nordöstlichen Theilen der Vereinigten Staaten stattfindet, ausgerottet oder vermindert, so vermindert sich auch die Constanz der Wasserhöhe in den Flüssen, wie es jetzt beim Mississippi der Fall ist, sodass die Kohlenlager erzeugenden Taxodium-Swamps neben dem südlichen Mississippi immer trockner werden und, wie ich durch Autopsie weiss, zum Theil schon nicht mehr existiren. Für die Carbonzeit sind aber die Beweise für eine wirkliche und noch dazu üppige Landflora und für constante Flüsse nicht stichhaltig; beides tritt erst viel später, im Tertiär auf. —

Man kann hierzu ergänzen, dass auch reiner Schieferthon, auf dem die Steinkohlen sehr oft direct lagern, kein ursprünglicher Waldesboden, sondern, wie wir unter Beweis

*) Diese kommen indessen höchstens mit ästuarischen, nicht aber mit ununterbrochenen paralischen Steinkohlenschichten in Betracht.

8 ausführen wollen, eine Meeresbildung ist, die sich entfernt vom Strand bildet. Man darf auch nicht annehmen, dass die schwereren erdigen Sinkstoffe durch den Meeresthon durchsanken — einzelne Fälle in Strandnähe vielleicht ausgenommen — da es nicht selten wechselnde Schichten von ansehnlicher Mächtigkeit giebt, die nur aus feinstem zugeschwemmten Thon und Kohle bestehen.

F. Mohr liefert noch folgende Beweise für oceanische Steinkohlenbildung:

3) Es giebt ungestörte muldenartige Kohlenhorizonte, z. B. im Ruhrgebiet 3/4 Meile breit, 100 Fuss ansteigend, die selbst an der tiefsten Stelle keinen Einschnitt erodirender Gewässer zeigen und deshalb als terrestrische Bildung unerklärlich sind.

4) Der Jod-Brom-Gehalt, welcher nur von Meerespflanzen abstammen kann, in den Steinkohlen und der von Meeresthieren herrührende Stickstoffgehalt der Steinkohlen; deshalb liefern Steinkohlen relativ viel Ammoniak bei der Gasfabrikation, Braunkohlen aber nur wenig oder gar keins.

F. Muck*) schliesst sich dieser Tangtheorie an, weil:

5) die Hauptmasse der Steinkohle ohne Pflanzenstructur ist — wie schon Bischof öfters hervorhob — und aus Tangen am leichtesten eine solche ursprünglich breiartige und später fest zusammenhängende Masse entsteht**); ausserdem finden sich auf der Steinkohlenmasse Pflanzenabdrücke, was, wie auch Fremy***) folgerte, nur zu dem Schlusse berechtigt, dass die Masse ursprünglich plastisch gewesen sein muss. Ferner

*) Muck, Grundzüge der Steinkohlenchemie 1881.

**) Muck verwerthet auf Grund von Patenten die gelatinirende Eigenschaft verwesender Tange, um erdige Braunkohle compact zu machen.

***) Comptes rendus Bd. 88. S. 1048. Berg- und Hüttenm. Ztg. 1879, S. 341 übersetzt. Untersuchungen über die Bildung der Steinkohle.

befürwortet Muck die Tangtheorie, weil, wie auch Bischof, H. D. Rogers, Reinsch*) hervorhoben:

6) jedes Stück Steinkohle aus sogenannten Mikroflötzen besteht, d. h. aus sehr feinen Schichten, wie sie nur in den Wassertiefen durch stetig nivellirenden Einfluss des Wassers auf verwesenden Organismenbrei entstehen; so findet man es noch heute in vegetationsreichen Teichen und unter schwimmenden Mooren, während bei nicht schwimmender Vegetation, z. B. den kohlenliefernden Flussuferwäldern und den nicht schwimmenden Mooren, die übrigens viel häufiger als die schwimmenden sind, Kohle mit Mikroflötzen nicht entstehen. Nun aber giebt es gar keine Steinkohle ohne Mikroflötze, also die Carbonflora war ausschliesslich eine Wasserflora und zwar eine marine, denn wäre sie eine terrestrische gewesen, so müssten, wie es später der Fall wurde, auch gleichzeitig Kohlen ohne Mikroflötze existiren. Dieser ausschliesslich subaquatischen Ablagerung der Steinkohlen haben sich auch neuerdings Grand'Eury und Gaston de Saporta angeschlossen; sie betonen besonders noch, dass alle organischen Reste, Blätter, Stengel, Rindentheile, Holzfragmente sich stets flach wie die Blätter eines Buches übereinanderlagerten, was bei Braunkohlen und Torf bekanntlich in der Regel nicht der Fall ist. Es braucht wohl nicht besonders hervorgehoben zu werden, dass diese lamellare Structur aller Steinkohlen eine ursprüngliche ist. »Jedes Kohlenflötz dieser Formation besteht aus einem unzähligen Wechsel von sehr dünnen Lagen glänzender und unreiner Kohle« citirt Bischof (802) Rogers; von einer secundären Bildung, bez. falschen oder transversalen Schieferung darf also nicht die Rede sein.

*) Reinsch, Mikrostructur der Steinkohle, 1881. Doch kann ich mich dessen Deutung vieler im Kohlenschlamm s. Z. entstandenen chemischen und mechanischen Producte als Organismen nicht anschliessen.

7) »Beweise für die reine sedimentäre Bildung der Steinkohlen auf dem Grunde der ehemaligen Meere finden wir in ihrer mechanischen Structur« (Beweis 6) — schreibt Bischof a. a. O. S. 802 — »in ihren unorganischen Bestandtheilen (Beweis 1) und in der Beschaffenheit der Schichten in unmittelbaren Contact mit den Steinkohlenflötzen.« Für den Nachsatz führte Bischof besonders die ungeheure Ausdehnung des mit Thonschichten abwechselnden Appalachian Steinkohlenfeldes als Beweis an, welches Rogers in gleicher Ablagerung auf mindestens 63000*) engl. Quadratmeilen schätzte. »Würde es zu begreifen sein, fragt Rogers, dass irgend ein See, ein Meerbusen oder Strommündung ein so ausgedehntes Sediment hätte aufnehmen oder dass irgend ein Fluss oder mehrere Flüsse ein solches Delta hätte bilden können?« Während nun Rogers daraus folgert — wie auch Roth u. A., deren Theorien wir unter 13, 25, 26 widerlegen wollen — dass nur auf dem Lande eine so ausgedehnte Ablagerung von Kohle hätte stattfinden können, hält sich Bischof mit Recht an die andere Alternative: die Ablagerung im Meere selbst, indem er sich auf die mechanische Structur (Beweis 6) und die eingemischten und wechsellagernden feinen, unorganischen Bestandtheile (Beweis 1), sowie auf die grosse Ausdehnung mancher Steinkohlenfelder stützt. Wenn man diese 3 Thatsachen vereint betrachtet — und das muss man, denn sie sind combinirt — so bleibt in der That keine andere Erklärung, als dass eine so ausgedehnte rein submerse Ablagerung nur im Meere selbst stattfinden konnte. Diese Folgerung bleibt

*) Wenn sich diese Ablagerung von 63 000 Square Miles auch nicht als überall vorhanden bestätigt hat, sondern das grösste zusammenhängende Kohlenfeld etwa 14000 Square Miles gross ist, so ist doch wegen der gleichmässigen Ablagerung der einzelnen Schichten eine unterbrochene Ablagerung von so grosser Ausdehnung anzunehmen, die vielleicht in einem Archipel mit buchtenreichen Festlandsküsten stattfand; ausserdem ist auch dieses ursprünglich grössere Kohlenfeld durch spätere stellenweise Emporhebung und Abtragung durch Gewässer kleiner geworden.

richtig, wenn auch Bischof die Ablagerung des vegetabilischen Detritus irrig durch Zuschwemmung vom Lande erklärte.

Auch die Wechsellagerung mit Kalk, dessen thonfreie Lager marine chemische Absätze durch organische Thätigkeit seien, und die Wechsellagerung mit Thon führte Bischof für die marine Ablagerung an. Diese Beweise betreff des Thones und Kalkes wollen wir nun gesondert betrachten.

8) Die dünnen, weitausgedehnten, (wohl stets in derselben Ausdehnung wie die der Kohlenschichten) gleichmässig-dicken ununterbrochenen Thonschichten, wie sie nur entfernt vom Strand, insbesondere durch Abrasion entstehen, kennzeichnen die Steinkohlenfelder als rein marine Bildung. In späteren Kohlenterrains finden sich zwar auch Thonablagerungen; dieselben sind aber wenig regelmässig, meist auf kleinere Becken beschränkt oder vielfach unterbrochen, namentlich stellenweise mit Sand und grobem Geröll in gleichem Niveau discordant und auf kurzen Strecken abwechselnd, kurzum limnisch oder ästuarisch, aber nicht marin. Ueber die ausserordentlich feine mechanische Zertheilung der im Rheinwasser schwebenden Theile schreibt Bischof (S. 499), dass mehr als 4 Monate verflossen, ehe sich das Wasser vollständig klärte und dass er sich vergebens bemühte, sie durch Filtriren abzusondern. »Dass diese schwebenden Theile, die selbst in 4 Monaten im ruhig stehenden Wasser nicht zum vollständigen Absatze kamen, noch viel weniger aus dem, in wenigen Tagen in das Meer fliessenden und in beständiger Bewegung befindlichem Wasser sich absetzen können, ist von selbst klar.« Auch das unter Beweis 7 angeführte ungeheuere Appalachian Kohlenfeld besteht wie Bischof S. 803, 804 anführt aus wechselnden Lagen von Kohle und »feuerfestem« Thon.

9) Der mit Steinkohlenschichten zuweilen abwechselnde oder sich in dieselben auskeilende Kohlenkalk, welcher zwei-

fellos oceanisch ist, characterisirt die Steinkohlenfelder als marin. »Die Kalksteine«, schreibt Bischof S. 805, »sind chemische Absätze durch organische Thätigkeit; sind sie frei von thonigen und quarzigen Theilen, so sind sie in einem Meer, welches keine schwebenden Theile enthielt, gebildet worden. In der Appalachian Steinkohlenformation bilden die theils reinen, theils Magnesia haltenden Kalksteine, welche mannigfache organische Meeresreste einschliessen, bisweilen das Liegende oder das Hängende der Kohlenflötze und sind manchmal in unmittelbarem Contact mit denselben. Einen solchen unmittelbaren Contact zeigen auch häufig die Kohlenflötze in Europa.«

Ausserdem erwähnt Bischof die Thatsache, dass ein häufiger Wechsel von Steinkohlenflötzen und sedimentären Gesteinen mit Meeresproducten vorkommt (S. 811), um sich gegen die Hypothese sinkender carbonischer Inselfloren auszusprechen. Er bemerkt sehr richtig: »Eine Umwandlung einer Flora auf Inseln in Steinkohle wäre nur dann zu begreifen, wenn die Pflanzen vor der Senkung unter das Meer durch Vermoderung soweit zersetzt worden wären, dass sie sich in Humus umgewandelt hätten«. Man hätte sich demgemäss beispielsweise bei 20 Fuss mächtigen Kohlenlagern eine Humusschicht von 400 Fuss Höhe (vergl. Beweis 2) gleichmässig über eine Insel ausgebreitet zu denken; eine physikalische und biologische Unmöglichkeit. Doch wir kommen auf diese Inseltheorie in Beweis 25 zurück.

Im Uebrigen sind manche Deductionen Bischof's bezüglich Steinkohlenhypothesen irrig und durch neuere Forschungen überholt.

Die unter 1—9 angeführten Beweise für die marine Ablagerung der Steinkohlen würden wohl völlig genügt haben, wenn man zu erklären verstanden hätte, woher der vegetabilische Detritus, aus dem sich die Steinkohlen zweifellos

aufbauten, entstammt sei. Aus Algen entstanden, entsprach nicht den jetzigen Verhältnissen und die Bischof'sche Annahme, dass dieser Detritus durch die Flüsse zugeführt sei, steht auch mit vielen Thatsachen in Widerspruch; wir werden einige in Beweis 20 und 25 erörtern. Man ist daher auf mancherlei ungereimte Hypothesen verfallen, die wir nachfolgend gelegentlich widerlegen wollen.

Ich selbst habe, ohne von den Forschungen meiner Vorgänger (Parrot, Bischof, Mohr) und der gleichzeitigen Verfechter oceanischer Steinkohlenbildung (Muck, Reinsch) Kenntniss zu haben, auch die Ablagerung der Steinkohlen im Meere behauptet, und zwar nicht blos als aus Tangen, sondern auch als aus supermarin lebenden höheren Pflanzen entstanden. Ich habe folgende andere Beweise hierfür, bez. Widerlegungen herrschender irriger Ansichten über Steinkohlenbildung hinzugefügt, bez. hinzuzufügen und führe zunächst solche Argumente an, die sich lediglich auf eine marine Flora und marine Kohlenbildung beziehen, während ich unter 22—42 beweisen will, dass auch die waldartige Flora marin und nicht terrestrisch, sondern zum grössten Theil schwimmend war. Ich behandele alle Ausführungen dieses Capitels recht eingehend, selbst auf die Gefahr hin, dass man mich einiger Wiederholungen zeihen wird, weil es nicht genügt, neue Lehrsätze und Wahrheiten, seien diese noch so klar und einfach, bekannt zu geben. Man muss vielmehr die herrschenden Irrthümer gründlich widerlegen, ehe erfahrungsmässig sich neugefundene Wahrheiten allgemein einbürgern.

10) Die biologische Entwickelung des Pflanzenreiches erfordert, wie ich es bereits näher darlegte, eine früher reichere marine Flora, da sich die höher entwickelten Pflanzengruppen nur vielstämmig (polyphyletisch) direct aus Meerespflanzen ableiten lassen und eine Periode für Umwandlung der untergetauchten, in der Luft absterbenden Meeres-

pflanzen mit hydrophiler Befruchtung zu Luft- und Landpflanzen mit aërophiler Befruchtung postulirt werden muss; bei unmittelbarem Uebergang der marinen Wasserpflanzen zum Luft-, bez. Landleben fand höchstens infolge Trockenheit eine Verkümmerung oder Anpassung zu Flechten oder manchen Pilzen statt und nur auf dem damals zweifellos ruhigeren hohen Ocean konnten solche Pflanzen, die sich theilweise über Wasser erhoben oder durch dichtes Wachsthum über Wasser emporgehoben wurden und von unten noch Feuchtigkeit zugeführt erhielten, also unter der austrocknenden Luftwirkung weniger zu leiden hatten, welche sich dann allmählich gegen die austrocknende Luft abgehärtet, sowie die in der Luft erst nöthigen Skeletteinrichtungen erhalten hatten, eine höhere Entwickelung einschlagen und Früchte ausbilden, die auch zur Verbreitung auf dem Lande passten.

11) Die Bildung von Steinkohlenablagerungen im Gebiete der Ebbe und Fluth aus litoralen Pflanzen, namentlich bei Küstensenkung, welche Theorie manche Geologen wegen der abwechselnden Ueberlagerungen der Kohlenfelder mit marinen Schichten bevorzugen, ist völlig unmöglich, weil die Brandung bei sinkender Küste (bez. steigendem Meeresniveau) das Land am meisten abradirt. Bei sinkender Küste verschwinden sogar die Deltas und die Küste versandet; bei sinkender Küste bilden sich zwar die schlammigen marinen Schichten infolge der Abrasionsproducte am meisten, aber entfernt vom Strande und nicht im Gebiete der Ebbe und Fluth selbst. Die Hypothese (Hoernes, welcher sich auf die Vorlesungen von Süss stützt) also, welche annimmt, dass bei sinkender Küste die Flüsse so viel Sedimente vor den Mündungen anhäufen, dass diese Sedimente sich bis über Wasser anhäufen und dass dann darauf eine litorale Landflora sich entwickeln könne, entbehrt factischer Stützen und wird durch die Beobachtung widerlegt. Auch bei saecular

steigender Küste werden zunächst die frischen marinen Schichten, falls sie in die Brandungszone gerathen, durch die Brandung wieder zerstört,*) sodass die Regelmässigkeit der paralischen Steinkohlenschichten dabei nicht hätte bestehen können. Im Gebiete der Brandung entstanden sicher keine paralische Kohlenschichten; in Deltas können allenfalls unregelmässige Anhäufungen von Pflanzenresten stattfinden, diese kommen aber hier nicht in Betracht.

12) Die ziemlich häufige Zwischenlagerung erkenntlicher mariner Thierreste und Fucoiden in ungestörten, katastrophenfrei entstandenen paralischen Kohlensedimentschichten lässt nur folgern, dass auch die anderen unerkenntlichen Thier- und Pflanzenreste der Kohle marinen Ursprunges sind. Das Vorkommen von Fucoiden in Steinkohlenschichten wird von manchen Autoren der Theorie zu Liebe völlig bestritten oder ignorirt. An sich ist nicht zu erwarten, dass Fucoiden in erkenntlicher Form öfter erhalten blieben, da sie abgestorben schnell verwesen und allenfalls einen kohlenliefernden Brei hinterlassen; sie sind deshalb selten erkenntlich fossil. So sind z. B. nach Stur**) im mährisch-schlesischen Dachschiefer, den Stur meilenweit vom Strand entstanden betrachtet, mit vielen marinen Thierresten nur eine einzige Meeresalge, aber Reste von 41 Arten höherer Pflanzen erhalten, trotzdem also nur anzunehmen ist, dass die Meeresalgen vorgeherrscht haben, Gleichwohl sind Fucoiden im Carbon (bez. in Gesellschaft von Carbonpflanzen im Devon) oft genug bekannt gegeben worden; vergl. z. B. Just I. 434, 452; II. 583, 685; III 547, V. 786, 796, 797, VI. 399, 401, 402; VII. 133. Marine Thierreste sind wegen ihrer Kalkhüllen und festeren Bestandtheile häufiger, so z. B. in allen 76 paralischen Sedimentschichten in

*) Vergl. auch Darwin, Entstehung der Arten, Ausgabe von Carus 1876, S. 379.

**) Just III. 547.

Nova Scotia vorhanden. Im Kohlenkalk des niederschlesisch-mährischen Steinkohlengebietes sind nach A. Schütze's neueren Zusammenstellungen*) 120 Meeresthierarten und 64 Pflanzen — dabei nur 1 Alge — bekannt, die man mit Unrecht als Landpflanzen bezeichnet, denn das Zusammenvorkommen beweist eine marine Vegetation.

Die heute noch stattfindende Ablagerung von angeschwemmten Meeresthierresten und Fucoiden längs des Strandes und selbst die sehr fragliche Entstehung kleiner Kohlenschmitze aus angeschwemmten Fucoiden kann man ja zugeben; aber solche entsprechen doch nicht im Geringsten den carbonischen Ablagerungen von Meeresthierresten in ausgedehnten paralischen Schlammschichten und den ausgedehnten Steinkohlenfeldern. Solche Ablagerungen längs des Strandes sind streifenartiger Natur und bei den Fucoiden kommt noch in Betracht, dass sie nahe schlammigen Küsten gar nicht oder sparsam wachsen; dort wären sie aber am ehesten noch einer petrefactischen Erhaltung fähig. Fucoiden wachsen hauptsächlich und in der Regel nur nahe steinigen, felsigen, sandigen Küsten, wo das Meereswasser ziemlich klar ist; werden sie aber dort an den Strand geworfen, so finden sie keine Bedingungen zur petrefactischen Erhaltung. Es ist also mehr ein zufälliges Zusammentreffen günstiger Umstände, das angeschwemmte Fucoiden petrefactisch erhält — submarin in Schlamm eingebettete Fucoiden erhalten ihre Contouren überhaupt nicht, es müsste denn local eine äusserst schnelle Kalkabsonderung, z. B. durch submarin ausmündende heisse Kalkquellen oder eine ausnahmsweis schnelle Pyritisation stattfinden — und deshalb sind sie auch petrefactisch, selbst als Abdrücke, nur selten erhalten. Am wenigsten ist die Erklärung zutreffend, dass bei Sturmfluthen die Meeresthiere

*) Ref. im N. Jahrb. für Min. 1883. I. 74.

auf das carbonische Land und in etwaige Moore gerathen seien, wie das heutzutage wohl manchmal passirt. Durch eine solche bösartige Katastrophe wird selbst die feste Landbeschaffenheit gestört, geschweige denn, dass dabei regelmässige Ablagerung von z. B. 76 concordanten, ursprünglich weichen und z. Th. dünnen Schichten hätte bestehen können, zumal sich dabei die Hochfluthen doch 76 Mal gleichmässig wiederholt haben müssten. Ausserdem liegen die Meeresthierreste über weite Strecken ausgedehnt *inmitten* der ursprünglich schlammigen Schichten; es müssten also die Sturmfluthen auch diesen Schlamm mitgebracht haben; diese aber sind fast oder völlig schlammfrei, und hätten sie überhaupt auf *weichen* Schlamm eingewirkt, wie es doch durch die Einlagerung der Thierreste inmitten des Schlammes erforderlich gewesen sein müsste, so wäre dieser Schlamm durch die heftige Bewegung der Sturmfluthen weggeschwemmt worden.

13) Gegen die Treibholztheorie führt J. Roth*) die grosse Ausdehnung einzelner Kohlenfelder an; z. B. durch Pennsylvanien, Ohio und Virginien ist ein 10 Fuss (nach Lesquerreux 8 Fuss) mächtiges Lager über 225×100 Miles (nach Lesquerreux Coalflora S. 613 etwa 14000 Square Miles = 35 260 qkm = 640 geogr. Quadratmeilen) bekannt. Roth folgert, dass die kohlenliefernden Pflanzen über den Kohlenlagern gewachsen sein müssten; dem stimmen wir zu, nur dass wir als Standort der Pflanzen das Meer selbst annehmen. Da Roth nun selbst angiebt, dass die Kohlenfelder dort und anderwärts nur $\frac{3}{4}$ %—$2\frac{1}{4}$ % der bis 11650 Fuss mächtigen, also marinen Kohlenformation einnehmen — nimmt man das Carbon im weiteren Sinne, so ist dessen Mächtigkeit

*) Ueber die Steinkohlen, in Heft 19, Virchow und Holtzendorff, wissensch. Vorträge S. 20, 25. Vergleiche auch Beweis 28 wegen der Treibholztheorie.

20—40000 Fuss — so muss man die Kohlenpflanzen auch als marin annehmen oder man ist zu ungereimten Katastrophentheorien gezwungen.

Noch grossartiger ist das von F. v. Richthofen*) beschriebene Hauptkohlenlager von Südost-Shansi, welches über mindestens 634 deutsche Quadratmeilen = 34870 qkm in einer durchschnittlichen Mächtigkeit von 20—30 Fuss eine ungestörte, fast horizontale Schicht bildet, deren Continuität ununterbrochen ist. Darüber liegen noch eine Anzahl schwächere, aber genau concordante Kohlenlager, sodass F. v. Richthofen die abbaufähige Kohle dieses Gebietes auf 630 Milliarden Tonnen Kohlen berechnet und zwar ist es die beste schwarze Anthracitkohle, deren lamellares, geschichtetes Gefüge (Mikroflötze) ihre successive Ablagerung unter Wasser beweist. Auch F. v. Richthofen nimmt an, dass die Kohlenpflanzen dort wuchsen, wo sich diese grossen Kohlenlager bildeten und zwar glaubt er, dass sie auf flachen Inseln gewachsen sein müssen, weil die Kohlenschichten mit marinen Schichten abwechseln; er sucht (S. 718) die Steinkohlenbildung durch Meeresniveauschwankungen zu erklären; da diese indess offenbar nicht zur Erklärung ausreichen, greift er schliesslich zur Oscillationstheorie, also einer Katastrophentheorie, welche, wie wir unter 14 zeigen werden, eine Concordanz der Schichten nicht zulässt.

14) Die oft äusserst zahlreichen concordanten Steinkohlen- und Sedimentschichten, z. B. in Nova Scotia 76, bei Dortmund 117, bei Mons in Belgien 125, in Lancastershire 120, am Donetz in Süd-Russland 225, Saarbrücken 233, Ostrau 370, schliessen, weil paralisch regelmässig, und weil sie, wie einzelne Beispiele beweisen, bis zur letzten Ablagerung ungestört blieben, Hebung und Senkung über Wasser aus und

*) China II. 9. Capitel, insbesondere S. 409, 439, 473.

können daher nur submarin ohne Katastrophe*) entstanden sein. Es scheint das keines weiteren Beweises zu bedürfen, denn schon bei einmaliger Hebung und Senkung des Landes über bez. unter Wasser wird keine concordante Schichtenlagerung mehr ermöglicht, geschweige denn, wenn sich dieses hundert Mal wiederholt. Und doch haben wir gerade hier 2 irrigen Vorstellungen zu begegnen:

a) Manche stellen sich die Bildung der paralischen Sedimentschichten durch zeitweise Ueberschwemmungen veranlasst vor (Heer, Lesquerreux etc.)

b) Manche glauben durch Oscillationen die Abwechselungen von marinen Schichten und einer hypothetischen Carbonlandflora erklären zu können. (H. Credner, F. v. Richthofen etc.).

Wenden wir uns zunächst gegen die Ueberschwemmungstheorie. Die genaue parallele, concordante Lage der meisten Steinkohlenschichten, insbesondere auch der abwechselnd stärkeren Sedimentschichten beweist deren submarine Ablagerung an denselben Stellen, wo vorher oder nachher oder z. Th. auch gleichzeitig — deshalb zuweilen die vielen Pflanzenreste in thonigen Sedimentschichten — die marine Flora

---

*) In isolirten Seebecken konnten zwar auch später manchmal häufigere Uebereinanderlagerungen von Braunkohlen entstehen, aber sie sind dann nicht paralisch. Am häufigsten lagern wohl die liassischen Braunkohlenlager von Fünfkirchen im Banat übereinander und da man über dieses Vorkommen zuweilen ideale rein concordante Profile in Lehrbüchern (z. B. Credner 1878 Fig. 286) findet, so möchte ich darauf aufmerksam machen, dass die grössten dortigen Kohlenlager nur unterbrochen und nur auf 2 Meilen Länge vorkommen, sowie höchstens 7 qkm gross sind, dass man wohl an 30 Kohlenlager, aber ausserdem etwa 120 Kohlenschmitze kennt, deren Gesammtmächtigkeit im Maximum zwischen 20—35 m schwankt. (Vergl. Zincken, Ergänzungen zur Physiographie der Braunkohle 1878 S. 144, 164—170.) Dieses Vorkommen ist zweifellos limnisch, oder, wie manche sagen, subpelagisch oder lacuster, ein Zustand, wie er zwischen paralisch-carbonischen und limnisch-tertiären Kohlenbildungen nicht anders zu erwarten ist.

schwamm; denn bei einer Land- und Sumpfflora können wohl durch jährliche Ueberschwemmungen sehr dünne parallele Sedimentschichten erzeugt werden, aber nicht z. B. 2—10 m starke oder stärkere parallele Sedimentschichten. Eine so starke Sedimentation findet auf Land überhaupt nicht statt, geschweige denn eine parallele gleichmässige Ablagerung mächtiger Sedimente auf grössere Strecken; dies ist nur bei ungestörter successiver Ablagerung der verschiedenen übereinanderlagernden Schichten auf Meeresgrund möglich — und die terrestrische Flora selbst würde durch die Fluthen solch mächtiger Sedimentationen vollständig zerstört, sodass, wenn sich von Neuem eine Flora auf solchen Sedimenten, etwa innerhalb Seeen, Sümpfen oder Gebirgsthälern nach Emporhebung über Wasser oder theilsweisen Abfluss des Wassers oder zeitweiser Unterbrechung des sediment-führenden Zuflusses entwickelte, wie man es ja bei tertiären Kohlen manchmal findet, dies nicht mehr genau parallel und gleichausgedehnt zu den unteren Kohlenschichten geschehen konnte und die späteren Kohlenschichten, wenn sie überhaupt eine scheinbar parallele Lage erhielten, doch lokal abweichende Dimensionen z. B. häufige Unterbrechungen im gleichen Niveau, Buchtungen, abweichende Verdickungen und Auskeilungen, Discordanz oder Isolation, sowie unregelmässige Ueberlagerungen von Kies und Schlammlagern erhielten. Schon geringe Zuschwemmung von Sedimenten, welche nur Lettenbänder veranlassen, unterbricht die Torfbildung auf lange Zeit, wie Heer*) selbst ausführt, und mässig starke Sedimente (also etwa 2—10 m) bedingen schon grosse wasserreiche, tiefe oder von den stärkeren Zuflüssen bewegtere Seeen, in denen weder Torfbildung, noch paralische Ablagerung der Sedimente stattfindet.

---

*) Heer, die Urwelt der Schweiz S. 37.

Durch regelmässige oder zeitweise Ueberschwemmungen einer terrestrischen oder limnischen Flora lassen sich also starke Sedimentschichten zwischen paralischen Kohlenfeldern nicht erklären, wie manche Geologen unbedacht aus dünnen Sedimentationen folgerten.

Nun wenden wir uns gegen die Oscillationstheorie. Halten wir uns an ein bestimmtes Beispiel, wobei wir von vielen Kohlengebieten, welche durch gleichzeitige oder spätere vulcanische oder andre tectonische Störungen ihre ursprünglichen Lagerungsverhältnisse nicht mehr besitzen, abzusehen haben; am wenigsten gestört ist wahrscheinlich das folgende Steinkohlengebiet: Die Kohlenfelder von Südost-Shansi, von denen mindestens 11 abbauwürdig sind und in einer Gesammtmächtigkeit von 40' über 34870 qkm existiren, liegen genau concordant in einer wenigstens 5600' mächtigen ungestörten Schichtenreihe; selbstverständlich sind bei solch enormer Ausdehnung nicht die schwächeren Schichten durchgehend, wohl aber in der productiven Carbonschichtengruppe schon diverse Schichten von 12' Mächtigkeit an*). Die palaeozoischen Schichtenreihen von Shansi und Tshili waren, wie F. v. Richthofen**) ausführt, bis zum Schluss des Carbon concordant übereinander gelagert und dann erst bildeten sich durch Aufsteigen des Landes, wobei staffelförmige Verwerfungen entstanden, die heutigen Tafelländer von Shansi und Tshili.

Wenn man Oscillationen dieses Kohlengebietes annehmen will, so müsste schon vorher das gesammte Gebiet öfter emporgehoben worden sein, z. B. schon um mindestens einige hundert Fuss für das Hauptkohlenfeld, welches jetzt noch im comprimirten Zustand als Anthracit 20—30 Fuss mächtig ist.

---

*) Richth. l. c. II. 422.

**) II. S. 610, 621, 652.

Ganz abgesehen davon, dass es unerklärlich sein dürfte, wie sich auf einer Insel ein solch mächtiges Kohlenlager in gleicher Mächtigkeit, in gleichem Horizont und ohne Unterbrechung der Continuität gebildet haben sollte, (vergl. Beweis 25), auch abgesehen davon, dass die lamellare Beschaffenheit dieser Kohle submerse Ablagerung beweist, die also bei einer flachen, gleichmässig bewachsenen Insel undenkbar ist, könnten doch solche Oscillationen nicht ohne Verwerfungen, Faltungen, Verschiebungen, Concordanzstörungen vor sich gegangen sein.

Wir müssen uns zunächst darüber klar werden, ob die Oscillationen balancirende ruhige oder schachtfahrstuhlartige ruckweise gewesen sein können. Bei balancirenden Oscillationen konnten keine mit marinen Schichten concordant abwechselnde Steinkohlenschichten aus einer Flachinselflora entstehen, weil die Abrasion im Gebiet der Ebbe und Fluth entgegenwirkt, wie wir früher zeigten. Das Balanciren müsste ausserdem manche dieser hypothetischen grossen Kohleninseln in eine so starke Neigung versetzt haben, dass das Wasser fast völlig hätte ablaufen müssen, wodurch wiederum diese Kohlenflora unmöglich gewesen wäre.

Eine Oscillation dagegen im Sinne eines ab- und aufsteigenden Schachtfahrstuhles (Ascenseur, hydraulischer Aufzug), wie sie zur Bildung von concordanten Steinkohlenlagern aus Landfloren hypothetisch nothwendig wäre, giebt es geologisch überhaupt nicht; sie entbehrt jeder thatsächlichen Begründung. Ohne tectonische Störungen könnte selbst eine einmalige solche Hebung und Senkung nicht vor sich gehen und eine vielleicht 30 Mal repetirende Hebung und Senkung eines so umfangreichen Gebietes wie das Südost-Shansi-Kohlenterrain, ohne Störung der Concordanz dieser Schichtenreihen wäre ein Wunder; in anderen Kohlengebieten (vergl. oben) müsste diese ruckweise Oscillation sogar einige Hundertmal stattgefunden haben und das ist, weil keine gleich-

zeitige Schichtenstörung stattfand, undenkbar. Es erübrigt also in Rücksicht darauf, dass das (mindestens ursprünglich) ungestörte concordante Abwechseln von marinen Schichten und Steinkohlenschichten nicht durch Oscillationen erklärlich ist und in Rücksicht darauf, dass Pflanzen durch Zuschwemmung ihrer Reste vom Land ins Meer überhaupt keine, besonders aber keine mächtigen, ausgedehnten, reinen Steinkohlenlager bilden konnten, — ferner weil die Carbonpflanzen nur dort gewachsen haben können, wo diese Steinkohlenschichten sich ablagerten, nur die unabweisbare Folgerung, dass die Carbonpflanzen marin waren.

15) Wie sich unter ruhigem Wasser aus löslichen Kalkverbindungen Kalktuff nur durch die Kohlensäure absorbirende Thätigkeit der Pflanzen ausscheidet, ebenso erklärt sich der hochoceanische Kohlenkalk, welcher paralische, bez. mit anderen marinen Sedimenten concordante Schichtenlagerung zeigt, insbesondere weil er nicht selten ziemlich mächtig auftritt, nur durch eine reiche marine Flora ausgeschieden und beweist also eine üppige hochoceanische Vegetation, wie sie jetzt nicht im Geringsten mehr existirt. Da sich der Kohlenkalk nur unter Wasser, nicht aber wie mancher Kalktuff z. Th. über Wasser ausschied, musste er eine dichtere Beschaffenheit erhalten. In flachem starkbewegtem Wasser von Bächen und Wasserfällen scheidet sich zwar auch manchmal Kalk aus Kalkbicarbonat aus, aber eine mächtige Kalkabscheidung im tiefen ruhigen Ocean, welche dort doch nur aus Kalkbicarbonat stattfinden konnte, ist ohne Vegetation unmöglich. Die Kohle und Pflanzenreste konnten sich aber fossil im Kohlenkalk, wie S. 47 gezeigt, wenig oder gar nicht erhalten. Vergl. auch S. 166.

16) Der Kohleneisenstein, das sogenannte Blackband, als ein flötzartiges, schiefriges, fein sedimentäres Gemisch von Thon, Eisencarbonat und Kohle (bis 35% Kohle) ist zweifellos

eine Meeresbildung. Der Thon konnte sich in solchen ausgedehnten »Bändern« nur etwas entfernt vom Strande ablagern; da dieses Eisencarbonat nicht porös oder concretionär, wie spätere limnische oder lacustre Eisenablagerungen, sondern von gleichmässig feinem Korn innig gemischt erscheint, so kann es nur ein Ausfällungsproduct aus wässrigen, stellenweise vom Land zugeführten Eisenlösungen durch die schwimmende Oceanflora oder vielleicht auch ein locales feinschlammiges Abrasionsproduct sein, während gleichzeitig die Pflanzen durch absterbende Reste den Antheil Kohlenbrei lieferten. Das Blackband, welches rein paralisch auftritt und mit Kohlenschichten wechsellagert, beschränkt sich auf die Kohlenperiode und ist daher ein Beweis für die schwimmende marine Flora; wäre es etwa aus vom Lande zugeschwemmtem organischem Detritus (und Eisencarbonat und Thon) entstanden, so müsste Blackband auch postcarbonisch noch entstanden sein.

17) Die klimatische Gleichmässigkeit der azonalmarinen Perioden bedang ruhige, von Winden und Strömungen kaum bewegte Oceane, die, wie verschiedene Thatsachen beweisen, salzarm waren. Es waren also diese zwei heute fehlenden Lebensbedingungen für eine reiche schwimmende damalige Oceanflora vorhanden. Da günstige Vegetationsgebiete stets von einer üppigen Vegetation occupirt werden, dürfen wir auch an der üppigen azonalmarinen Flora nicht zweifeln.

18) Die ungemein reiche hochoceanische schwimmende Fauna der azonalmarinen Periode erforderte eine reiche marine Flora zu ihrer Ernährung. Beide starben mit der Zeit allmählich mehr oder minder aus; die Flora theils wegen der unruhiger werdenden Meeresoberfläche — selbst die übrigens relativ und meist auch absolut sparsamen Sargasso-Fragmente vegetiren nicht auf dem hohen Ocean*) — theils wegen der

*) Revision von Sargassum und das sogenannte Sargassomeer, Engler's bot. Jahresb. 1880, 191—239.

allmählichen Versalzung des Meerwassers, sodass sie sich nur noch festsitzend im seichten Meer erhalten hat, am meisten in Strandnähe, wo das Wasser in der Regel minder salzreich ist. Die hochoceanische Fauna wurde wegen Verschwinden der schwimmenden Flora, also Nahrungsmangel, z. Th. wegen Versalzung und Entkalkung des Meerwassers quantitiv relativ selten und ernährt sich allenfalls noch von zugeschwemmtem, feinem Detritus der Continentalflora und von den mechanisch zugeführten Theilen der Litoralflora und Litoralfauna*). In Strandnähe, insbesondere vor Flussmündungen und in Seichtmeeren, wo Pflanzenwuchs existirt, giebt es jetzt nur noch eine reichere Fauna.

*) Ueber die Menge der pelagischen Fauna herrschen meist irrige Vorstellungen, theils weil viele Reisende (ähnlich wie bei Sargassum) phantastisch über den hohen Ocean berichteten, theils weil man nicht Seichtmeerfauna und hochoceanische Fauna auseinander hält. Aus letzterem Grunde berichtet noch Prof. Moseley von der Challenger Expedition neuerdings ziemlich irrig über die Meeresfauna (vergl. auch Kosmos 1882 II, S. 144—151). Als pelagische Fauna und Flora gelten ihm sämmtliche Meeresbewohner mit Ausnahme der am Boden und an den Küsten lebenden. Indess er unterscheidet nicht die (relativ reiche) Strandnähefauna und -Flora von der armen hochoceanischen Fauna und Flora, sondern überträgt eines auf das andere; so z. B. ist die Oscillarie Trichodesmium eine Seichtmeerbildung, die sich wie andere Oscillarien auf seichtem Schlamm entwickelt und dann aufsteigt. Auch macht Moseley keinen Unterschied zwischen gelegentlichen (wandernden), bez. unfreiwilligen (z. B. von Stürmen nach der Hochsee verschlagenen) Bewohnern und permanenten Bewohnern des hohen Oceans (von letzteren dürfte es überhaupt nur wenige geben); ferner trägt er den oft übertriebenen Reiseberichten zu viel Rechnung, sodass seine Angaben über die Menge der oceanischen Fauna und Flora mehr verwirren als aufklären. Ausser an abgerissenen Tangen zufällig haftenden mikroskopischen Algen giebt es jetzt keine schwimmende hochoceanische Flora mehr. Ueber die Meeresfauna gebe ich in meinem Reisebericht „Um die Erde“ (vergl. unter Meeresleuchten, Fische und S. 459) einige nüchterne Angaben. Uebrigens fehlt es auch nicht an Berichten anderer Reisender, die den hohen Ocean wie ausgestorben beobachteten, vergl. z. B. die Berichte von Otto Finsch in den Verhandlungen d. Ges. für Erdkunde zu Berlin, 1882 S. 555, 556.

19) Heutzutage bilden Meerespflanzen keine Kohlenablagerungen mehr am Meeresgrunde. F. Mohr und G. Bischof nahmen zwar dies an, besonders bei den sogenannten Fucusbänken = Sargassowiesen; die neueren Untersuchungen der Meerestiefenproben haben diese Annahme nicht bestätigt und die Sargassowiesen sind überhaupt, wie ich ausführlich a.a.O. bewies, eine Fabel. Wenn nun früher die Kohlen am Meeresgrund sich massenhaft aus oceanischen Pflanzen ablagerten, so beweist dies eine unvergleichlich reiche schwimmende Meeresflora zur Steinkohlenzeit. Die Grundbedingungen dazu waren, wie wir unter Beweis 17 zeigten, vorhanden und wir werden unter Beweis 29 zeigen, dass auch die meisten Bäume der Kohlenflora schwimmfähig waren. Ueberhaupt darf uns eine schwimmende Flora im salzarmen, bez. Süsswasser keineswegs Wunder nehmen; wir finden schwimmende Algen in jedem stehenden Wasser, schwimmende Moore sind wohlbekannt und schwimmende Inseln sogar in den grossen Strömen Mississippi, Amazonenstrom, Congo, Nil, dort wo die störende Strömung durch andere Ursachen paralysirt wird, vorhanden; jetzt sind es meist Treibhölzer, die sich in diesen Flüssen manchmal stauchen, ansammeln und Veranlassung zu einer darauf wuchernden Flora, zu den schwimmenden Inseln geben. Früher als die Meere salzarm und ohne Strömungen waren — denn die heutigen Meeresströmungen beruhen auf Abfluss der kalten schweren Polarwässer nach den äquatorialen Meerestiefen und den dadurch veranlassten rücklaufenden Oberströmungen vom Aequator nach den Polen — ist daher eine marin schwimmende Inselflora im hohen Grade als wahrscheinlich, ja nothwendig anzunehmen.

20) Bischof bevorzugte besonders die Annahme, dass die Steinkohlenlager sich aus feinstem zugeschwemmten, organischen Detritus im Meere gebildet haben. Ihm war es mit

Recht über jeden Zweifel erhaben, dass die carbonische Ablagerung nur im Meere stattfand.

Dagegen ist seine Detritus-Zuschwemmungshypothese an einem Beispiel, das er selbst citirt, leicht zu widerlegen. Er nimmt an, dass sich — vom Sand und Geröll im nächsten Strandgebiet abgesehen — zuerst der feine vegetabilische Detritus, dann die feinerdigen Theile (Thon) und zuletzt die Baumstämme ablagerten; das letztere gehört zur Treibholztheorie, die wir besonders behandeln. Vom vegetabilischen Detritus nimmt er an, dass er besondere Kohlenlager lieferte, indess wenn sich vegetabilischer Detritus vor dem Thon so regelmässig abgelagert hätte, so mussten auch die gröberen erdigen Sinkstoffe zugleich sich mit ablagern, eventuell unterhalb niederschlagen; das ist aber in dem citirten Beispiel nicht der Fall. Schon H. D. Rogers hielt die oft äusserst unbedeutende Menge erdiger Beimischung in Steinkohlen (weniger als 1%) unvereinbar mit der Vorstellung einer Bildung der Steinkohlen aus zugeschwemmten vegetabilischen Substanzen, indem diese von bedeutenden Quantitäten jener Theile, welche in den Delta-Absätzen so vorherrschend sind, hätten begleitet sein müssen*), und das ist von Bischof keineswegs widerlegt worden.

Das von Bischof hervorgehobene Beispiel, welches sich auf Rogers' Untersuchungen stützt, lautet mit seinen eigenen Worten: (S. 803). »Das unterste Glied der Appalachian-Kohlenformation ist ein mächtiges Lager ungewöhnlich reiner Kohle, das mittlere ein ungefähr 1 Fuss dickes Lager von feuerfestem Thon, das oberste ein 2—3 Fuss dickes Lager aus wechselnden Schichten von Kohle und feuerfestem Thon. Diese drei Glieder finden sich fast durchgängig in der ganzen Ausdehnung vom östlichen bis zum westlichen Ausgehenden

---

*) Bischof a. a. O. I. 804.

der dortigen Kohlenformation.« Es fehlen demnach die schwereren erdigen Sinkstoffe vollständig, diese aber könnten bei Zuschwemmung solcher Unmassen von vegetabilischem Detritus, wie er zur Bildung solcher Kohlenlager gehört, nicht fehlen.

Die hypothetische Reihenfolge der Ablagerung aus fluviatilen Sinkstoffen: reiner vegetabilischer Detritus, dann Thon wird nun weder durch das Experiment, noch durch Beobachtungen vor Flussmündungen bestätigt; Thon schlägt sich allerdings zuletzt nieder — wie das Experiment lehrt, erst nach 4 Wochen vollständig —, aber eine reine vegetabilische Detritusschicht bildet sich nicht; es müssten sich dann auch vor den Flussmündungen im Meere eine Zone mit reinem vegetablischen Detritus und dann eine thonige Zone bilden; die erstere existirt aber nirgends. Nun meint Bischof, bei einer früher üppigeren Landvegetation könnte sich dieser Detritus reiner angehäuft haben. Abgesehen davon, dass deren carbonische Existenz überhaupt nicht erweisbar ist, würde doch selbst bei deren Existenz eine solche marine Kohlenablagerung aus vegetabilischem Detritus nicht möglich gewesen sein. »Wir vergessen übrigens nicht, dass zur Zeit der Steinkohlenbildung — schreibt Bischof selbst, S. 800 — die Continente einen viel kleineren Umfang als heutzutage hatten und dass daher die grossen Wassergebiete der jetzigen Ströme nicht als Maassstab für die damaligen dienen können.« Nun sind die Vegetationszustände des Amazonenstromgebietes — der sogenannten Hylaea — so üppiger Natur in einem immerfeuchten Tropenklima, dass sie in der Steinkohlenzeit überhaupt nicht üppiger gedacht werden können und dürfen. Trotzdem nun dieser Strom also aus Gebieten entfliesst, die den Voraussetzungen Bischof's entsprechen, trotzdem er vielleicht mindestens zehnmal grösser ist, als irgend ein carbonischer Fluss, so sind doch die Verhältnisse vor seiner

Mündung in Bezug auf vegetabilischem Detritus nicht anders als bei anderen Flüssen; es findet sich nirgends vor Flüssen eine besondere Zone mit reinem vegetabilischen Detritus.

Die meisten Analysen der fluviatilen Sinkstoffe geben im Durchschnitt so wenig feste organische feine Substanz an, dass die ganze Hypothese schon dadurch haltlos ist, und noch dazu wird dabei meist der Glühverlust (Wasser) mit der organischen Substanz zusammen berechnet, sodass selbst diese Angaben unsicher sind. Locale Ausnahmen mit etwas mehr Zuführung von vegetabilischem Detritus kommen ja vor, aber blos limnisch und damit erklärt sich doch keine hypothetische regelmässige massenhafte Anhäufung zu paralisch marinen Kohlenlagern.

Doch gehen wir auf Bischof's Hypothese einmal weiter ein, nehmen wir an, die Reihenfolge der Ablagerung: 1) reiner vegetabilischer Detritus, 2) Thon wäre möglich; es müssten dann bei wechselnden Ablagerungen von Thon und Kohlenschichten, ebensoviel und zwar recht bedeutende ($\sqrt{63000}$ Q.M. $= \pm 250$ (engl.) Meilen in dem citirten Beispiel) Vorwärts- und Rückwärtsverlegungen der Flussmündungen stattgefunden haben, wofür kein einziges Beispiel aufgeführt werden kann. Flussmündungsverschiebungen existiren nur in vorwärtsgehender und seitlicher Bewegung, nicht aber in Rückwärtsbewegung. Ausserdem bedingen diese hypothetischen repetirenden vor- und rückwärtsbeweglichen Flussmündungsverschiebungen unregelmässige Ablagerungen; das ist aber gerade bei dem von Bischof citirten Beispiel nicht der Fall. Solche Flussmündungsverschiebungen, welche diese Detritustheorie bedingt, müssten ausserdem bei dem 3. Glied der Appalachian-Kohlenformation, weil es aus wechselnden dünnen Schichten von Kohle und Thon besteht, häufig und plötzlich stattgefunden haben; wiederum ein Wunder. Es liesse sich noch manches gegen diese Theorie anführen; aber das Vorstehende

zeigt schon, dass sie nur aus falschen Voraussetzungen besteht. Wenn nun die Steinkohlen aus feinem organischen Detritus gebildet worden sind, und das ist der Fall, da sie aus Mikroflötzen bestehen und wenn es unzulässig ist, anzunehmen, dass dieser vegetabilische Detritus dem Meere zugeschwemmt sei, so erübrigt nur die Erklärung, dass die marin entstandenen Steinkohlenfelder sich aus einer marinen Flora bildeten, dass deren Reste in loco untersanken, verwesten und Kohle lieferten.

21) Die klastisch sedimentären Ablagerungen der Kohlenperiode sind so mächtig (bis 5200 m, nach Anderen sogar 7000 m) und stellenweise so ausgebreitet (bis 8800 geogr. Quadratmeilen), dass ihre Bildung zweifellos marin ist und sich nicht etwa auf Binnenseeen beschränkt hat. Wenn Binnenseeen soviel Wasserzufuhr erhalten, als es solchen mächtigen Sedimenten entspricht, so werden sie zum Meere; grosse isolirte Binnenseeen bestehen blos bei einer Wasserzufuhr, die von der Verdunstung ausgeglichen wird, und so tiefe Binnenseeen giebt es nicht annähernd.

Nun lasse ich die Beweise folgen, welche specieller darthun sollen, dass auch die waldartige Flora der Carbonzeit marin, bez. dass dieselbe nicht terrestrisch war:

22) Litorale Brackwassersümpfe und Lagunen, in welche neuere Geologen die waldige Carbonflora ausschliesslich verlegen möchten, sind nur an den Mündungen constanter Flüsse möglich; aber constante Flüsse können nur bei einer üppigen Landflora existiren; eine solche ist aber bei dieser Hypothese, dass die Carbonflora sich in litoralen Lagunen befand, weder angenommen noch jemals bewiesen; die Entwickelung der Landflora musste überhaupt der Entstehung constanter Flüsse vorausgehen. Mithin kann es auch keine salzärmeren Lagunen damals gegeben haben und muss Meerwasser und Lagunen- oder Deltawasser gleich salzig gewesen sein; dann

konnte aber die waldige Flora des seichten Meeresstrandes ebensogut auch weiter draussen im Meer, wenn es flach und ruhig war, oder wenn die Flora schwimmend war, wachsen. Nur wenn die waldige Carbonflora auch entfernt vom Strand existiren konnte, befand sie sich auch in Strandnähe.

23) Die heutigen Brackwassersümpfe sind selbst an den grössten constanten Flüssen relativ so klein, dass sie gegen die Ausdehnung der carbonischen Vegetationsgebiete fast verschwinden; mithin mussten, selbst bei constanten Flüssen die Lebensbedingungen der wasserliebenden Carbonpflanzen in Bezug auf Salzgehalt und ihr Vegetationsgebiet in Bezug auf Ausdehnung ganz unabhängig von Lagunen, Aestuarien oder Deltas gewesen sein. Die carbonischen Deltas waren ausserdem wegen kleinerer Continente und Flüsse viel kleiner als jetzt.

24) Die Aestuarien waren der seltenere Aufenthalt für waldige Carbonpflanzen, denn in Aestuarien sind keine oder die unregelmässigsten Kohlenlager entstanden, während die Steinkohlenlager meist paralisch sind und direct unterhalb ihrer Flora sich abgelagert haben.

25) »Elie de Beaumont und einige andere Geologen*) haben, um den häufigen Wechsel zwischen Kohlenflötzen und sedimentären Gesteinen mit Meeresproducten zu erklären, eine fortdauernde Senkung von Inseln angenommen, so dass je ein Kohlenflötz nach seiner Bildung mit Sedimenten bis zum Meeresspiegel bedeckt worden und auf denselben eine neue Flora gewachsen wäre, um wiederum zu versinken u. s. w.« Aber ohne abwechselnde Hebung hätten die Sedimente nicht über Meer kommen können; letzteres wäre aber bei einem salzigen Meere für die Inselflora nöthig gewesen und bei einem salzarmen Meere brauchen wir diese Hypothese von Beaumont überhaupt nicht. Bei einer Flora auf völlig

*) Bischof a. a. O. I. 811.

flachen Inseln müssten nicht blos wegen der in der Fläche ununterbrochenen Kohlenablagerung grosser Steinkohlenlager, sondern auch wegen der fehlenden Erhöhungen des Insellandes Flüsse vollständig gefehlt haben, eine Aussüssung der sumpfigen Carbonflora im Meeresniveau ist also undenkbar und es könnte allenfalls nur eine Seichtwasserflora resultiren, deren Wasser aber genau denselben Salzgehalt als den des Meeres gehabt haben würde.

Auch hätte diese Senkung periodisch auf sehr lange Zeit unterbrochen gewesen sein müssen, denn die mächtigen Kohlenlager erforderten sehr lange Zeit zur Ablagerung; es handelt sich bei den stärksten Kohlenlagern um Jahrhunderttausende, sodass von einer fortdauernden Senkung gar nicht die Rede sein könnte. Die fortdauernde Senkung von Inseln erklärt also die Steinkohlenbildung keineswegs. Ausserdem hätte die Brandung (Beweis 8) beim Versinken etwa frisch gebildete, noch nicht feste insulare Steinkohlenlager zerstört und ist überhaupt die Ablagerung insularer mächtiger Humusschichten — in zuweilen mehreren Hundert Fuss Höhe! — die sich, wie es diese Kohleninseltheorie erfordert, vor der Senkung unter Meer gebildet haben müssten, (vergl. S. 166) ein Ding der Unmöglichkeit.

Verbindet man dagegen eine grosse Inselflora, wie sie z. B. dem Steinkohlenlager von Südost-Shansi entspricht mit zeitweiser Hebung (F. v. Richthofen), so geht die Eigenschaft der Flachinsel sofort verloren und auf gebirgigen Inseln hätten sich weder eine Sumpfflora erhalten, noch ununterbrochene oder concordante Steinkohlenlager bilden können. Es giebt überhaupt keine grossen und noch dazu so grossen Inseln, wie sie den grössten Steinkohlenlagern von Nordamerika und China entsprechen, welche völlig flach sind und es giebt auch selbst in den feuchtwarmen Tropen keine Inseln, welche gleichmässig mit Sumpfflora bedeckt wären; diese

carbonische Kohleninseltheorie entbehrt also auch in dieser Hinsicht der nöthigen Stützen.

26) Zwei andere Naturforscher, welche sich eingehend mit der Steinkohlenbildung beschäftigten, Grand'Eury und Gaston de Saporta, haben kürzlich ihre Ansichten über Steinkohlenbildung dahin zusammengefasst, bez. geändert,*) dass die vollkommene Schichtung der Steinkohle Torfbildung ausschliesst und eine Ablagerung von organischem Detritus, (Humus und halbverwesten Fragmenten) in flachen Seebecken beweise und zwar soll der Detritus von Sumpfpflanzen, die auf erhöhten, mit Seebecken versehenen Ebenen, bez. flachen Terrassen dicht neben dem Meere wuchsen, stammen und der sumpfige Untergrund soll zeitweise durch Regen ausgewaschen, den litoralen Seebecken zugeführt worden sein.

Mit dem Ausschluss carbonischer Torfbildung und dem Ablagern der Steinkohlenmasse unter Wasser stimmen wir also überein; die anderen Voraussetzungen dieser Forscher sind aber nicht vor den Thatsachen stichhaltig. Gegen ausschliessliche Detrituszuschwemmung spricht die Armuth von erdigen Sedimenten in vielen Steinkohlenlagern, bez. deren Reinheit; gegen Ablagerung in flachen Seebecken spricht die ungeheure Mächtigkeit und Ausdehnung mancher Steinkohlengebiete, wobei nicht ausgeschlossen ist, dass auch in Meeresbuchten seebeckenartige Steinkohlenlager entstanden; letzteres scheint bei den Steinkohlenbecken von St. Etienne, welches jene Forscher am Besten studirten, der Fall gewesen zu sein und das mag sie wohl zu dieser irrigen Hypothese verführt haben.

Die Annahme weitausgedehnter und noch dazu tiefer Sümpfe, — denn die absterbenden Pflanzenreste sollen darin untergesunken sein —, auf erhöhten Terrassen dicht neben

---

*) Annales des mines 1882 I. 99—291. Revue des deux mondes LIV. 657—691. Referat im Botan. Centralblatt 1883, XIII. 193—196.

dem Meere oder neben tiefer liegenden Lagunen ist an sich eine Illusion; es giebt dergleichen nicht und kann deren nicht geben, weil sich bei der unmittelbaren Nähe des Meeres oder tieferliegender Becken stets eine Menge ober- und unterirdischer Abflüsse von der hypothetischen Sumpfterrasse finden müssten, die solche grössere Sümpfe schnell entwässern würden, also die Grundbedingung der Sümpfe vernichten; auch können nach jener Hypothese diese Sümpfe nicht abflusslos gewesen sein, da sie oft ausgewaschen sein sollen. Ausserdem ist es eine Unmöglichkeit, dass Regengüsse*) den sumpfigen Untergrund stark auswaschen, ohne die gesammte Vegetation mit fortzuschlemmen. Wo wir ausgedehnte grössere Sümpfe neben Seeen oder in deren Nähe finden, ist das in gleichem Niveau der Fall; auch geschieht daraus nur eine minimale Wegführung von organischem Detritus, weil stets eine Moos- und Kräuterschicht, bez. Grasnarbe den Boden bedeckt, welche einen Schutz gegen den wegschwemmenden Regen bildet, soweit nicht schon die Laubkrone des etwaigen Sumpfwaldes die heftigen Wirkungen des Regens paralysirt.**)

---

*) Diese Autoren nehmen besondere Regenzeiten (temps des grandes pluies) an, welche auf continentalem Klima und klimatischen Zonen beruhen, also in der Steinkohlenperiode gar nicht existirt haben können. Die Regen müssen damals gleichmässig in Zeit und Raum vertheilt gewesen sein und konnten nur kurz intermittirend sein. Ebenso wie es keine trockne und kalte Jahreszeiten damals gab, fehlten auch besondere Regenzeiten.

**) Aber auch sonst enthalten die carbonischen Hypothesen dieser Forscher manches Unhaltbare. Saporta (l. c. S. 675) nimmt öftere und wiederholte Verwüstungen durch das Meer an, ferner dass das Land öfter aus dem Meere gehoben sei und dass sich das Meer zeitweise zurückgezogen habe, weil die Kohlenschichten auf „marinem Grund ruhen und mit solchem öfter wechseln"; S. 678 gebraucht er ausserdem zur schnell fertigen Erklärung von öfteren ungestörten concordanten Abwechselungen reiner Kohlenschichten mit erdigen Sedimentschichten noch Bodenoscillation, Brandung und Flussveränderungen. In den grossen Steinkohlenlagern sind bis jetzt noch keine contemporären Unter-

Diese Theorie Saporta-Grand'Eury unterscheidet sich nur von der älteren Detritus-Theorie Bischof's, dass erstere die Kohlenflora auf Terrassen hauptsächlich annehmen, während letzterer (S. 798) der Hochebenenflora keine Bedeutung beimisst; es gilt daher auch das unter Beweis 20 Angeführte gegen die Theorie Saporta-Grand'Eury. Es giebt wohl seltene Fälle, wo auf Terrassen befindliche abflusslose oder durch Dämme abgegrenzte Moore durch eine Katastrophe (Dammbruch, Felsensturz) zufällig und theilweise ihren vegetabilischen Schlamm abfliessen lassen, z. B. ist neuerdings in Irland zwischen Castlerea und Ballinagare infolge eines Dammbruches ein fliessendes Moor entstanden; das sind aber katastrophenartige Ausnahmsfälle, die nicht zur Erklärung einer regelmässig stattgefundenen Erscheinung herangezogen werden dürfen.

27) Man nimmt in der Regel an, dass die Pflanzen direct über der Stelle wuchsen, wo sich die Kohle ablagerte, weil nicht selten zarte Blätter sich in den zusammengehörigen Bruchstücken und Theilen, z. B. die Fiedertheile eines zusammengesetzten Farnwedels, ohne alle Confusion ablagerten und weil die Blätter ein und derselben Species oft angehäuft nebeneinander vorkommen; man nimmt mit Recht an, dass solche Ablagerungen bei einem weiteren, auf Zuschwemmung

---

brechungen und Störungen durch Flussläufe bekannt geworden; das Gegentheil, nämlich dass solche im Kohlenablagerungsgebiet nicht existirten, ist sogar von Mohr (Beweis 3) nachgewiesen worden. Alles andere sind Annahmen, die ich einzeln schon ausführlich widerlegte. Ausserdem nehmen diese Forscher auf eine Anzahl bekannter carbonischer Thatsachen gar nicht Rücksicht, die ihnen vielleicht mangels genügender deutscher Sprach- oder Literaturkenntniss fremd blieben. Wer aber jetzt noch eine Hypothese über Steinkohlenentstehung aufstellen will, muss alle synchronochorologischen Thatsachen damit widerspruchslos vereinen können, sonst ist sie unrichtig und das ist mit der erst im December 1882 bekannt gegebenen Hypothese von Grand'Eury-Saporta der Fall.

beruhenden Transport unmöglich seien. Da nun aber solche fossile Ablagerungen vorzugsweise in den paralischen Schichten feinen Thones vorkommen, dessen Entstehungsweise unzweifelhaft marin ist, da auch bei einem directen Untersinken von Blättern auf den Meeresgrund aus einer oberhalb schwimmenden Flora diese eigenthümlichen fossilen Ablagerungen entstehen können, und jede andere Erklärung hierfür fehlt oder unzulässig ist, so beweisen diese Ablagerungen im marinen Thon eine marine schwimmende Flora, die aus Farnen etc. bestand.

28) Lepidosigillarien, welche wesentlich Kohlen für die paralischen marinen Kohlenschichten lieferten, konnten keine Landbäume gewesen und konnten dem Meere nicht zugeflötzt worden sein, weil zugeflötzte Bäume keine marinen Kohlenlager bilden, sondern nur allenfalls einzeln im Schlamm eingebettet werden. Es können wohl in Flüssen oder am Strand Bäume vom Ufer abgerissen werden, aber dann sinken sie wegen der zwischen den Wurzeln haftenden Erde und Steine bald unter oder sie stauchen sich im Flussgebiet selbst noch wegen des ausgebreiteten Wurzelwerkes, was in der Regel erst morsch werden und abbrechen oder abfaulen muss, ehe die Stämme weitergeflösst werden. Wo sich losgerissene Bäume stauchen und anhäufen, bilden sich wohl auch durch anhaftende andre Pflanzen schwimmende Inseln; es geschieht dies aber nicht im Meere, sondern im Flusse selbst noch. Die Treibhölzer mit abgefaulten, abgebrochenen Wurzeln werden oft an Buchtungen der Flüsse oder Binnenseeen ans Land geschwemmt und auch dadurch können allenfalls kleinere limnische Kohlenlager entstehen. Was aber von Baumstämmen ins Meer gelangt, wird in der Regel weit weggeschwemmt; finden wir doch die Treibhölzer des Mississippi bei Island und sonst in der Polarregion. Ich habe Gelegenheit gehabt, in 4 Welttheilen an Mündungen vieler Ströme die auslaufen-

den Treibhölzer zu beobachten und habe sie nur sparsam angetroffen, sodass ich nur folgern kann, dass sie nie marine Kohlenlager bilden und höchstens vereinzelt einmal in den Schlamm des Meeresgrundes versinken.*)

29) Die Lepidosigillarien konnten keine Landpflanzen gewesen sein, weil sie keine echten Wurzeln hatten; ihre Rhizome (Stigmarien), die man manchmal als Wurzeln deutet, strahlten horizontal allseitig bis 20 m weit aus und waren dichotom verzweigt, sodass sie befähigt waren, die mehr oder minder grossen, kronenlosen oder nur wenig dichotom verzweigten Baumstämme, welche innen lockermarkig oder manchmal auch hohl, also specifisch sehr leicht waren, schwimmend zu tragen. Diese Rhizome waren mit flachen, lineallanzettlichen, gleichlangen, dicht spiralig geordneten, an der Basis verschmälerten, abfallenden, unverzweigten, steifgeraden Blättern,**) welche

*) Vergl. Lesquerreux, Coal Flora 1880, S. 612, 613. Er beweist, dass selbst in Deltas durch Trifthölzer keine Kohlenlager, wie sie Steinkohlenfeldern entsprechen, entstehen.

**) Die Blätter der Stigmarien sind manchmal in Abbildungen wurzelartig idealisirt; eine richtige Abbildung findet man z. B. in Roemer, Lethaea geognostica t. 54. Immerhin wäre es möglich, dass es auch stielrundliche Blätter giebt, die aber wegen der anderen 8 Eigenschaften doch Blätter sind; auch selbst zerschlitzte Blätter (z. B. ähnlich Dicranophyllum) sind nicht unmöglich. Ohnehin ist es eine Eigenschaft schwimmender Pflanzen, dass die submersen Blätter anders gestaltet sind, als die in der Luft befindlichen. Es giebt so fein getheilte Blätter und Algen, dass sie eine gewisse Aehnlichkeit mit Wurzelfasern erhalten, aber diese fehlen einerseits den Stigmarien vollständig — während Wurzelfasern doch von anderen carbonischen Pflanzen bekannt sind —, andererseits ist es für Wurzeln und Wurzelfasern characteristisch, dass sie grosse Unregelmässigkeit besitzen, ungleich lang und gebogen sind, weil sie bei ihrem Wachsen in der Erde vielfach anstossen und sich den Unregelmässigkeiten des Erdbodens anpassen müssen. Auch Lesquerreux (Coal Flora S. 509—517) hält die Stigmarien nur mit Blättern versehen und rein schwimmend, sowie für zum Theil selbständige Pflanzen; nach Grand' Eury sind die linearen (!) Würzelchen von Stigmariopsis kaum von Lepidodendron-Blättern verschieden.

das Astende überragten, — letzteres ist der wichtigste Unterschied zwischen Blättern und Wurzeln — versehen, also mit Anhängseln, die, weil Wurzeln keine einzige der vor-

---

Im Uebrigen sind wahrscheinlich unter Stigmaria ficoides, deren Zuname darauf basirt, dass man früher diese Pflanze mit den articulirten abfallenden Blättern für cacteenverwandt hielt (entfernt an Opuntia ficus indica erinnernd), ausser Pflanzen sui generis mancherlei Rhizome ungleicher supermariner Baumarten vereinigt; die Trennung dieser verschiedenen, habituell aber ähnlichen Formen von Stigmaria ist recht schwierig, da die Blätter nur selten im Zusammenhang mit dem Ast oder Rhizom deutlich erhalten sind und weil noch seltener der Zusammenhang des beblätterten Rhizoms mit berindeten Bäumstämmen gefunden ward, sowie weil letztere wiederum nicht in Zusammenhang mit Blättern, Blüthen, Früchten bekannt sind. Manche Stigmarien besitzen sehr lange Blätter (1—2 Fuss lang); manche zeigen unter einfachen Blättern einzelne an der Spitze verzweigte Blätter — Lesquerreux sah indess solche nie —, die aber, was bei Wurzeln auch nicht vorkommt, an der Verzweigung abgegliedert sind, wie Corda beschreibt und abbildet; manche Stigmarien haben sogar kurzgestielte Blätter (Corda, Beiträge zur Flora der Vorwelt t. 12); in der Regel sind sie wenigstens nach der Insertionsstelle zu verschmälert, was bei Wurzeln auch unbekannt ist (Römer, Lethaea t. 54); dann finden sich, wie Corda und Lesquerreux abbilden, am Blattende zuweilen Schwimmblasen, analog Fucus vesiculosus und manchen schwimmenden Phanerogamen; die kürzere Blattform mit stielrundlicher Basis und flacher, linealer, zugespitzter übriger Blattfläche, welche einen deutlichen Nerv zeigt, scheint am häufigsten vorzukommen.

Graf Saporta, a. a. O. S. 667, entwirft in Anschluss an Renault, Grand' Eury, Lesquerreux folgendes Bild von den Stigmarien: Der in Wasser untergetauchte Wurzelstock der Sigillarien bildete kriechende unterseeische Rhizome, welche bald mit Blättern, bald mit Würzelchen versehen waren, entsprechend denen der Stigmarien, welche manche Steinkohlenlager erfüllen. Die Stigmarien werden die Eigenschaft gehabt haben, lange Zeit in demselben Zustand zu verharren, nämlich sich horizontal unter Wasser auszubreiten und sich durch Stolonen zu vermehren; unter günstigen Umständen entstanden daraus die aufsteigenden Stämme der Sigillarien, welche er als Geschlechtsspross auffasst. Dazu möchte ich bemerken, dass zweierlei Anhängsel von Stigmarien nicht bekannt sind, also von Würzelchen neben Blättern nicht die Rede sein darf, und dass Stolonen im Wasser, wie wir das von manchen wasserliebenden Gräsern und vielen Wasserpflanzen kennen, stets zum Licht streben, also rein schwimmend

stehend angeführten 9 Eigenschaften besitzen, auch nicht Wurzeln sein können, die aber als gleichgestaltig und weil andere Blätter fehlen, auch nicht als Schuppen (wie etwa bei manchen zwischen Laub oder oberirdisch vegetirenden Farnrhizomen) gedeutet werden dürfen. Da nun Blätter sich nicht in Erde entwickelt haben können, sondern Entwickelungsproducte der oberirdischen, bez. supermarinen, also luftigen Lebensweise sind und sich allenfalls nachträglich dem submersen Leben anpassten oder sich nachträglich schuppig verkümmert nur selten und vereinzelt im Erdboden finden, da die Stigmarien vollkommene und reichliche Blätter, aber keine besonderen Wurzeln hatten, weil ferner die Stigmarienblätter die Eigenschaft submerser Blätter, nämlich fehlende Spaltöffnungen besitzen, so sind die Stigmarien zweifellos schwimmende Wasserpflanzen gewesen. Demzufolge müssen auch die dazugehörigen Lepidosigillarien Wasserpflanzen und zwar, da sie aufrecht schwimmen konnten und mussten, da ihnen auch Haftwurzeln fehlten und sie leichter als Wasser waren, aufrecht schwimmende Bäume*) gewesen sein.

---

werden. Wenn übrigens, wie Graf Saporta besonders hervorhebt (S. 669—671), das Gewebe der Kohlenbäume, bez. Stigmarien wesentlich locker-parenchymatisch-schwammig gewesen ist, so folgert doch daraus, dass dieselben specifisch sehr leicht waren und also im Wasser lebend nicht theilweise, bez. tief untergetaucht sein konnten, was um so weniger bei jenen Kohlenbäumen geschehen sein kann, von denen man keine echten Wurzeln und Würzelchen kennt.

*) Uebrigens sind die Lepidosigillarien keineswegs so riesige Bäume gewesen, wie man zuweilen angegeben findet; in der Regel werden sie nur bis höchstens 20 m hoch und 1/10—3/4 m dick angegeben. Bei Schimper (a. a. O. II, S. 14) findet sich eine Notiz ohne Quellenangabe, dass Lepidodendron bis über 100 Fuss Höhe und 10—12 Fuss Durchmesser habe; letzeres dürfte sich wohl nur auf die Stammbasis beziehen und soll wohl 10—12 Fuss Umfang heissen. Lesquerreux sagt in seiner Coal Flora (S. 356, 364), dass er nie so grosse Stämme gesehen und kennt nur solche von höchstens 16—18 m Höhe und 40—50 cm Durchmesser aus Amerika, gewöhnlich seien sie nur (S. 602)

30) Die Stigmarien gehören zu den häufigsten Pflanzen der paralischen Kohlenschichten; sie sind die Vorläufer der Lepidosigillarien und wurden, wie z. B. Zittel*) angiebt, »sehr lange als schwimmende Pflanzen mit glockenförmigem Stamm angesehen und sind in manchen Steinkohlenlandschaften als solche dargestellt. Auffallend ist, dass an manchen Localitäten, wo Stigmaria ungemein häufig ist und oft mächtige Schichten ganz anfüllt, noch keine Spur von Sigillaria aufgefunden wurde«. Seitdem man nun die Stigmarien auch als Rhizome der Lepidosigillarien-Bäume erkannte, hat sich eine Tendenz bei manchen Paläontologen gezeigt, den Stigmarien jede Selbständigkeit abzusprechen und ihnen ausschliesslich Wurzeleigenschaften zuzuschreiben; beides in der auf verkehrter rückwärtiger Reconstruction beruhenden Folgerung, dass frühere Bäume wie die heutigen beschaffen sein müssten. Bei Annahme aufsteigender Entwickelung des Pflanzenreiches harmoniren die Thatsachen, dass die an sich viel häufigeren Stigmarien ursprünglich selbständige beblätterte Pflanzen waren, die schwammen und Kohlenlager bildeten, sowie dass sich aus ihnen später schwimmende Bäume entwickelten; ja die aufsteigende Entwickelung verlangt eine solche Erklärung. Vergl. auch Lesquerreux, Coal Flora und Just I. 443, 449—451. IV 649. **Es ist nun folgerichtig, dass die Stigmarien, wenn sie wurzellose schwimmende Pflanzen waren, sich nicht auf Aestuarien beschränken konnten, sondern sich auch auf den damals ruhigen Ocean schwimmend befanden, um so mehr als, wie gezeigt, der Salzgehalt des Wassers hier wie dort gleich war. —**

6—30 cm dick. Bei Dabrowa in Russisch-Polen besteht eine Kohlenschicht aus einem umgeworfenen Wald von leidlich gut erhaltenen Sigillarien, deren grosse plattgedrückte Stämme etwas über 10 m lang und höchstens 60—80 cm breit sind. N. Jahrb. f. Min. 1883 I. S. 68.

*) Zittel, Handbuch der Palaeontologie II. 208.

Auf dem schwimmenden Stigmariengewirr hatten die carbonischen, mechanisch mit emporgehobenen Fucoiden vermehrte Gelegenheit sich ebenfalls zu supermarinen Farnen zu entwickeln; aus den grösseren supermarinen wurde dann hemipelagische Pflanzen, die in seichten Meeren oder im Gebiet der Ebbe und Fluth am Boden wurzelten und ihre Stämme über Wasser erhoben; aus diesen hemipelagischen entwickelten sich die ersten Landbäume. Die schwimmenden Lepidosigillarien indess sind nicht zu Uferpflanzen geworden, wie nun des Weiteren bewiesen werden soll.

31) Nur Landbäume verkieseln als isolirte Stämme und zwar in situ im Walde, auf Bergen u. s. w., weil dieser Verkieselungsprocess nur oberirdisch unter Einfluss der austrocknenden Luft möglich ist. Es giebt zwei Arten oberirdischer Verkieselung:*) 1) Isolirte Baumverkieselung in situ (von mir entdeckt); dabei steigt kieselhaltiges Wasser heisser Quellen oder Geysirs ununterbrochen capillarisch in den

*) Vergl. O. Kuntze, „Ueber Geysirs und nebenan entstehende verkieselte Bäume", im „Ausland" 1880. Bei Chemnitz wurden verkieselte Bäume in situ neben verkieseltem Waldboden gefunden; auf bergigem Terrain noch stehend sind verkieselte Bäume bekannt im Yellow Stone Geysirgebiet, in Nordböhmen, auf den Aleuten und auf Banksland. Die Angabe auf den Aleuten von C. Grewingk (Nordwestküste Amerika's 1850; vergl. auch Referat im Heidelberger Jahrb. d. Literatur 1851. 235) war mir früher entgangen; sie ist aber besonders interessant, weil sie auf die Zeitdauer der Verkieselung ein Licht wirft. „Auf der Insel Unga trifft man an höher gelegenen Stellen versteinerte Klötze und ganze Baumstämme an, deren einige noch deutlich die mit eisernen Beilen (also zur Zeit der Russen) behauenen Flächen erkennen lassen. Der Verkieselungsprocess dauerte daher (höchstens) 100 Jahre" wird referirt. Nach Stein-Wappaeus war übrigens Unga noch im Jahre 1835 bewohnt; der Verkieselungsprocess könnte also schon innerhalb 15 Jahre erfolgt sein. Auch an höheren Stellen der Insel Kudjak giebt Grewingk viele verquarzte Holzstämme an. In den Prairien der Vereinigten Staaten kommen nach Angaben amerikanischer Reisender (z. B. The plains of the great West by R. J. Dodge 1877) auch ver-

Bäumen, dort wo sie wachsen und aufrecht stehen bleiben, in die Höhe und verdunstet an der Luft, füllt die Holzzellen

---

kieselte, mit Aexten behauene Baumstumpfe vor; indess diese Angabe ist weniger zuverlässig. Dagegen erhielt der Maler Rud. Cronau Mittheilungen von Ansiedlern im Westen, wonach die Verkieselung von Bäumen innerhalb 10—20 Jahren erfolgt sein soll. Der „versteinerte Wald" von Calistoga nahe den grossen Geysirquellen in Sonoma County, California war seit längerer Zeit schon bekannt; dort sind auch die grössten verkieselten Baumstämme (22 m lang, 3,4—2,6 m dick, also ± 200 cbm à 50 Centner = ± 10 000 Centner schwer) gefunden worden und zwar einer gesehenen Photographie zufolge, der grösste oberirdisch in zusammengehörigen, nebeneinander liegenden Bruchstücken, wie sie nur durch nachträgliches Umfallen eines vorher aufrecht verkieselten Stammes entstehen konnten — genau so ist es auch bei dem verkieselten Wald von Cairo beobachtet worden —; aber das oberirdische Befinden der Stämme in situ war von Calistoga bisher aus den wenigen Publicationen darüber sonst nicht zu erkennen. Neuerdings ist nun (vergl. Aus allen Welttheilen 1883, S. 286) in Sonoma County auf dem Besitzthum eines Herrn Hudson ein anderer versteinerter Wald entdeckt worden, der aus in situ oberirdisch befindlichen, bis 1 m hohen und dicken verkieselten Baumstümpfen besteht.

Nach einer Zeitungsnotiz befindet sich nahe der neuen Südpacificbahn am rechten Ufer des Rio Puerco bei Station Billings in Arizona ein grosser Wald versteinerter Bäume; dabei welche von 55—75 Fuss Durchmesser. Es würden diese Bäume Sequoien entsprechen, die auch sonst als früher östlich von Californien existirend nachgewiesen sind; das benachbarte Gebiet ist durch seinen Reichthum heisser Quellen bekannt. Ueber die Länge dieser verkieselten Bäume ist nichts angegeben; sie übertreffen an Cubikinhalt und Gewicht vielleicht noch jene von Calistoga.

Auch Schweinfurth bestätigt für den versteinerten Wald bei Cairo die oberirdische Verkieselung (Zeitschrift d. deutsch. geol. Ges. 1882, S. 139—145). Es würden sich noch mehr in situ verkieselte Wälder constatiren lassen, wenn die Beobachter Unterschied zwischen Füllmassenbäumen, die man irrig als versteinerte oder sogar als verkieselte Bäume bezeichnete, und zwischen verkieselten Stämmen oder Fragmenten, sowie zwischen zeolithisirten Hölzern gemacht hätten, ferner wenn die Beobachter ohne vorgefasste Schulmeinungen die Thatsachen, welche für Verkieselung in situ oder Vorkommniss in situ, bez. primäre oder secundäre Lagerstätte beweisend sind, objectiv dargestellt hätten. —

In manchen, wohl nur in sogenannten (durch Gletscher, resp. Inlandeis etc.)

mit amorphem Kieselsäurehydrat, das infolge der Verdunstung zurückbleibt, aus und ersetzt das allmählich verwesende Holz;

---

dislocirten Braunkohlenlagern befinden sich zuweilen verkieselte Baumstämme, bez. meist nur quer auf die Faser nach der Verkieselung gesprungene Bruchstücke davon, aber — den möglichen Fall vielleicht ausgenommen, dass an Orten, wo vorher verkieselte Bäume in situ standen, nachträglich Braunkohlenlager entstanden — stets nur an secundärer Lagerstätte; dafür habe ich folgende Beweise erbracht: faserloser, glatter Querbruch der völlig verkieselten Stämme; fehlende Stammrinde; keine Zusammenquetschung wie Braunkohlenhölzer; dem oberirdischen Process entsprechend peripherisch zuerst verkieselte, innerhalb manchmal entweder noch holzige oder hohlausgefaulte Baumstämme; in letzterem Falle zuweilen mit erhärteter Sedimentausfüllung, welche längs und quer mit dem verkieselten Holz gleichmässig zerbrochen ist, was doch nur vor der Einbettung im Kohlenlager stattfinden konnte; ferner sind die verkieselten Hölzer, wenn sie in der Braunkohle vorkommen, von dieser lose umgeben, nicht mit ihr cementirt. Dagegen spricht keineswegs wie J. Felix (in Engler bot. Jahrb. 1882, S. 270) meint, dass in den verkieselten Stammstücken zuweilen noch bituminöses Holz ist; denn die Bäume brechen, wie ich im Geysirgebiet direct beobachtete, oft um, ehe ihr Verkieselungsprocess vollendet ist und dann musste später das restirende Holz, falls es nicht vorher verweste, wenn es unterirdisch eingebettet ward, bituminös braunkohlenartig werden. Ausser den oberirdisch verkieselten Hölzern und den Füllmassenbäumen (vergl. Beweis Nr. 32) giebt es jedoch auch noch, wenngleich seltener, unterirdisch zeolithisirte Hölzer von thonsteinartiger, nicht aber aus reiner Kieselsäure bestehender Substanz, welche meist unvollkommene Erhaltung der Zellstructur zeigen, und zwar hat man zu unterscheiden: 1) in Tuff wahrscheinlich durch schnelle Infiltration heisser Wässer zeolithisirte Hölzer; hiervon sind nur kleine Zweigstücken bekannt; 2) versteinerte Braunkohle (Ullersdorf in Böhmen, Grube Naumburg bei Deuben-Merseburg), welche in unregelmässigen zusammenhängenden Massen meist schichtenweise vorkommt und wahrscheinlich durch Imprägnation mit Metallsalzlösungen, namentlich vitriolhaltigen oder vivianithaltigen Wässern zunächst vor schnellerem Verwesen bewahrt und dann durch concretionäre Einlagerung zeolithischer Substanz nachträglich versteint wurde; diese versteinte Kohle wird manchmal unrichtig als verkieselt bezeichnet. Ausserdem hat man zu berücksichtigen, dass auch unvollkommen oberirdisch verkieselte Hölzer manchmal unterirdisch noch mit pyritischer und zeolithischer Substanz ergänzt wurden. Die obigen Folgerungen beziehen sich nur auf rein verkieselte Hölzer.

bei diesem permanenten Process fallen von den Bäumen Blätter, die meisten Aeste und die Rinde, wenn sie korkhaltig ist, stets ab; bei Farnbäumen verkieselt die anders beschaffene Rinde. Es resultirt daraus, dass die verkieselten Stämme nicht mit fremden Bestandtheilen, Erde, Gestein oder sonstigen Anhängseln cementirt, sondern isolirt sind und in der Regel rindenlos sind, wobei jedoch die sogenannten Wurzelhölzer, soweit sie am Erdboden hafteten, eine (übrigens sehr seltene) Ausnahme machen. Diese verkieselten Stämme brechen, weil dies nach Verkieselung geschieht quer auf die Holzfaser. 2) Sinterartige Relictenverkieselung (von Knop*) entdeckt); dabei werden abfallende oder zugeschwemmte Aeste, Früchte, Blätter, bez. Holzreste mit den Bodenbestandtheilen oberirdisch durch periodische Ueberrieselung mit heissem, kieselhaltigem Quell- oder Geysirwasser und durch den sich dabei auf der Erdoberfläche infolge Verdunstung des heissen kieselhaltigen Wassers ausscheidenden Kieselsinter verkieselt und zu einer mehr oder minder zusammenhängenden Masse cementirt und incrustirt, wobei auch öfters an Stelle nachträglich verwester Rinde oder Blattsubstanz zellenstructurlose Kieselmasse substituirt wird.

Nun finden sich die Lepidosigillarien nie als isolirte Stämme, sondern nur nach Knop'scher Verkieselung in winzigen Fragmenten von 2 bis 8 cm Durchmesser, die z. Th. in Kieselsinter eingebettet, z. Th. in der Holzstructur vorher zerquetscht oder verwest, z. Th. mit anderen Aststückchen, Früchten, Blättern, Rinde cementirt sind. Die Angabe, dass grössere Stammstücke**) davon gefunden worden seien, beruht auf Irrthum, denn die bisher von Grand'Eury und Renault***) beschriebenen Stückchen sind höchstens 2 cm : 8 cm gross und

*) Knop, Geolog. Verhältnisse von Baden-Baden.

**) Just. VII 142. Botan. Centralblatt 1880, S. 1571; 1881 V, Nr. 9.

***) Mémoires présentés à l'Académie de l'Institut de France XXII.

Brongniart's*) Stück war nur 2 cm : 4 cm gross; diese Stückchen werden z. Th. ausdrücklich als Aststückchen angegeben. Sie verdanken ihre Verkieselung dem Umstand, dass sie, wie auch noch die anderen Fragmente und Früchte der carbonischen Wasserflora, an den Strand geschwemmt wurden, wo zufällig eine heisse Quelle war; es geht dies aus noch einigen Thatsachen hervor. Also es sind nie isolirt verkieselte Lepidosigillarienstämme gefunden worden und die ältesten verkieselten Araucariten und Farne finden sich erst spätcarbonisch und dann auch noch selten; es geht daraus hervor, dass Lepidosigillarien keine Landpflanzen und araucaritenartige, bez. casuarinenartige Bäume (Araucarites, Walchia, Calamitea, Arthropitys, Calamodendron), sowie Farnbäume als erste Landbäume und zwar als solche erst im Spätcarbon**) auftreten.

32) Die Füllmassenbäume beweisen eine marine Waldflora; mit dem Aussterben der letzteren, also der Carbonflora entstanden auch keine Füllmassenbäume mehr. Füllmassenbäume sind ursprünglich in weichen Meeressedimenten eingebettete Stämme, die nachträglich verwesten und Hohlräume in den inzwischen fester gewordenen Sedimenten hinterliessen, welche dann mit allerlei marinen Resten und Sedimenten, Schieferthon, Sandstein, Kalk, Eisencarbonat und auch einzelnen Kohlenschichten ausgefüllt wurden. Was von den Baumstämmen über dem Meeresboden hervorragte und nicht in Sedimenten eingebettet wurde, konnte nach dem Verwesen auch keine Hohlräume hinterlassen und deshalb sind die

---

*) Archives du Muséum d'hist. nat. I. Auch Grand'Eury bestätigte mir kürzlich schriftlich, dass ihm nur kleine Fragmente verkieselter Sigillarien, Lepidodendren und Stigmarien bekannt seien.

**) Noch nicht im Devon, wie Conwentz in irriger Auslegung von Göppert's Angaben über devonische Araucariten (Bot. Centralblatt V. 395, 396) annimmt, denn diese sind als kalkig versteint und in marinen Cypridinenschiefer gefunden angegeben, also als Füllmassenbäume entstanden.

Füllmassenbäume stratamässig coupirt, was bei verkieselten und anderen versteinerten Bäumen nicht vorkommt. Dass nach der Steinkohlenperiode keine Füllmassenbäume mehr entstanden, beweist, dass zugeflösste Stämme von Landbäumen, die stets ohne erdbeschwertes Wurzelwerk ins Meer entfernt*) vom Strand gelangen, nicht aufrecht im Meeresschlamm versinken, was aber flach versank, verweste oder ward Kohle.

Die carbonischen Füllmassenbäume sind zweierlei Art: 1) Pfahlwurzelbildungen von Calamodendron, Calamites und wie es scheint, auch z. Th. unterirdische Stammbildungen**) von Psaronius; diese durchwuchsen, wenn die betreffenden Abbildungen von Grand'Eury***) nicht idealisirt sind, verschiedene paralische Sedimentschichten und trieben, wie es Grand' Eury abbildet, Seitenwurzeln; 2) untergesunkene Baumstämme mit abgebrochener Basis oder abgebrochenen Rhizomen und ohne Seitenwurzeln in höchst ungleichem Niveau und vorherrschend im tauben Gestein eingebettet.

Die Pfahlwurzelbildungen würden einer marinen Flach-

---

*) Durch Orkane, Erdrutsche können auch Bäume, wenn ihr Wurzelwerk noch mit der Erde belastet ist, unter Wasser aufrecht zu stehen kommen; aber diese katastrophenartige Entstehung in Ufernähe passt keineswegs auf die Füllmassenbäume, welche meist wurzellos oder ohne erdbeschwertes Wurzelwerk in ungestörten marinen Schichten, die weit entfernt vom Ufer entstanden, vorkommen. Auch versunkene Wälder, die ja unter gewissen Umständen — z. B. in Buchten, wo vorliegende Inseln oder Halbinseln die Brandung fast auf Null reduciren — denkbar sind, könnten Wälder von submarinen Füllmassenbäumen allenfalls liefern, obwohl deren keine bekannt sind. Aber die carbonischen Füllmassenbäume kommen im gleichen Niveau nur sehr vereinzelt vor, bilden also keine Wälder, und wo Füllmassenbäume häufiger sind, existiren sie stets im ungleichen Niveau.

**) Unterirdische Pfahlstämme zeigt jetzt nur noch die Brackwasser-Pandanee Nipa.

***) Flore carbonifère de la Loire t. 1, 34.

wasserbildung entsprechen, welche Grand'Eury auch für die Sigillarien etc. annimmt; wenigstens bildet er dieselben im Wasser stehend ideal ab; doch sind dieselben, wie er selbst angiebt, im Loire-Becken unter den »forêts fossils à sol multiples dans les eaux sédimentaires« sehr selten.

Die zweite Sorte Füllmassenbäume sind eine häufige Erscheinung in Steinkohlensedimenten. Beim Versinken schwimmender Bäume, die eben nur in einem ruhigen Meer von der oberhalb ruhig schwimmenden Vegetation öfter aufrecht versinken konnten, mussten gleichschwere, gleichgrosse Stämme wohl auch gleichtief oder bis auf eine festere Sedimentschicht versinken, sodass wohl zuweilen auch solche Bäume sich vereinzelt in gleichem Niveau befinden; das berechtigt uns aber keineswegs, von einem ursprünglichen Waldboden zu reden, auf dem die Kohlenlager sich entwickelt haben sollten. Gerade dicht unter und auf productiven Kohlenfeldern sind die Füllmassenbäume am seltensten; in der Regel treten sie im tauben sedimentären Gestein*) auf und wenn sie manchmal auch die Kohlenschicht durchschneiden, wie Hörnes angiebt, — ich kenne z. Z. keinen solchen Fall — so wäre dies erst recht ein Beweis, dass sie nachträglich einsanken; denn es liegt kein Grund vor, weshalb sie allein dem Verkohlungsprocess der Kohlenschicht entgangen sein sollten.

33) Die Füllmassenbäume enthalten nicht blos allerlei marine Sedimente, sondern auch und zwar z. Th. oberhalb in der Füllmasse des Baumes eingebettet, zuweilen Reste

---

*) Vergl. z. B. Fig. 25 in Carus Sterne, Werden und Vergehen S. 60, wo die aufrechten Stämme von Treuil nur im Sandstein, also in einem unter Wasser, bez. viel Wasserzufluss entstandenem Gestein, ohne Wurzeln eingebettet sind, was terrestre Entstehung der Füllmassenbäume absolut ausschliesst; das Bild beweisst gerade das Gegentheil von dem, was Ernst Krause (Carus Sterne) daraus folgert. Da übrigens die paralischen Kohlenschichten und Sandsteinschichten submariner Bildung sind, so gilt dies auch für darin befindliche Füllmassenbäume.

luftathmender Thiere, z. B. kleiner Reptile, Waldschnecken, Tausendfüssler und kleinere Insecten. Dies ist nur durch den schwimmenden Carbonwald erklärlich, in welchem diese Thiere lebten, sodass sie absterbend direct in darunter sich bildende Füllmassenbäume einsinken konnten. Andere Erklärungen lassen sich leicht widerlegen; z. B. ein zugeschwemmter Baumstamm sinkt wegen der Strömung nicht gerade unter, ein hohler Baum gar wird noch weniger als solcher überhaupt ins Meer gelangen und wenn darin Thierreste gewesen wären, würden sie unterwegs verloren gegangen sein, denn bei Treibhölzern werden etwaige fremde Bestandtheile aus hohlen Bäumen herausgespült; denkt man sie sich aber trotzdem mit versunken, so mussten sie zu unterst, nicht aber oberhalb in den Meeressedimenten*) des Füllmassenbaumes lagern. Die Füllmassenbäume mit Waldthierresten befinden sich nicht in situ; deshalb ist auch der Lesquerreux'sche**) Erklärungsversuch mit Uferbäumen unzutreffend. Andere Erklärungen, die auf rein terrestrer Bildung basiren, sind noch weniger zulässig, weil Füllmassenbäume nur submarin entstanden und nur in marinen Schichten sich finden; es wäre mehr als ungereimt, dass hohle Bäume, noch dazu ohne Wurzeln, mächtige Ueberfluthungen, wie sie durch Herbeiführung der sandigen Sedimente, in welche solche Bäume oft nur eingebettet sind, veranlasst wird, sollten widerstanden haben und aufrecht geblieben sein. Es giebt ausserdem Baumstämme mit Rhizomen, bez. Wurzeln, welche einschliesslich der Wurzeln vollständig und gleichmässig mit Schieferthonen ausgefüllt sind***); diese beweisen zweifellos,

*) Vergl. H. Credner, Elemente der Geologie. 4. Aufl. S. 465, Fig. 225.

**) Coal flora S. 616.

***) Bischof, a. a. O., I. 831. Bischof, welcher bei den damals noch nicht bekannten Thatsachen über Baumverkieselung die verkieselten Bäume und die Füllmassenbäume noch nicht auseinanderhält und eigenthümliche Hypothesen

dass die Einlagerung der Meeressedimente, einschliesslich der pflanzlichen und thierischen Fossilien, welche z. Th. supermarinen Organismen entstammten, nachträglich stattfand, also nachdem die Bäume im Meeresgrund versunken, bez. mit Schlamm höher umlagert und innen völlig ausgefault waren. Von Schlottheim und Bischof erwähnten auch, dass Pflanzenabdrücke inmitten der Masse*) vorkommen; diese können auch nur nachträglich, d. h. nachdem bereits ein Theil des durch Verwesung des Baumes in den Meeressedimenten entstandenen Hohlraumes durch Meeresthon ausgefüllt war, durch eingelagerte Pflanzenreste im Thon des Füllmassenbaumes entstanden sein.

Nur der schwimmende Kohlenwald gewährt eine ungezwungene Erklärung für dieses petrefactische Vorkommen von Resten luftathmender Thiere inmitten submarin entstandener Füllmassenbäume und deshalb ist dieses petrefactische Vorkommen ein Beweis für den schwimmenden Carbonwald. In ihm konnten und mussten sich die luftathmenden Thiere entwickeln, die später das Land bevölkerten.

34) Unter Beweis 8 haben wir die paralischen Thon-

über beider gleichartig vermutheten Ursprung aufstellte, nahm eine Pseudomorphose, eine Verdrängung der Holzsubstanz durch mineralische Lateralsecretion an. Nun sind Thon, Sand etc. klastische Gesteine, deren durch Abreibung abgerundeten Contouren eine Verwechselung mit secretionären Gesteinen nicht zulassen sollten; auch müssten dann die eingebetteten Fossilien, Kohle etc. ebenfalls durch Lateralsecretion entstanden sein. Wir erwähnen diese veraltete Hypothese nur der Curiosität wegen und weil es vielleicht noch ältere Anhänger dieser Hypothese giebt.

*) Bischof, a. a. O., I. 822. Wenn Bischof zu dieser Thatsache bemerkte, dass Blätter sich in hohlen Bäumen in Menge befinden und damit eine Erklärung der Genesis andeutete, so steht das in directem Gegensatz zu seiner Bemerkung S. 830, dass aus hohlen Treibhölzern der Inhalt herausgespült wird, umsomehr als er die Meeressedimention für dieses carbonische Vorkommen energisch vertheidigte.

schichten als marine Bildung im allgemeinen dargelegt; speciell sprechen diese unzerstörten, oft sehr dünnen Thonschichten, welche die meisten Pflanzenabdrücke enthalten, gegen eine unmittelbar darauf wachsende Waldflora, namentlich der Lepidosigillarien und Stigmarien, die ja einen wesentlichen Bestandtheil der Kohlenschichten geliefert haben. Solche Thonschichten konnten unter Wasser nur entstehen und die dünnen würden vollständig zerstört oder unmöglich entstanden sein, wenn die Lepidosigillarien, bez. Stigmarien unmittelbar darauf gewachsen wären; dieselben mussten also über dem marinen Thon schwimmend vegetirt haben, da eine Zuflötzung, wie mehrfach gezeigt, aus anderen Gründen ausgeschlossen ist.

35) Das Vorkommen salziger Grubenwässer in Steinkohlenbergwerken ist eine häufige Erscheinung; Muck schreibt über Kochsalz in Steinkohlen (Steinkohlenchemie S. 73): „Das Vorkommen von Kochsalz in fester Form ist lediglich wegen seiner Seltenheit (in Westfalen nur ein einziges Mal auf der Zeche Hannibal) bemerkenswerth, da doch salzige Grubenwässer und mitunter sehr concentrirte, massenhaft vorhanden sind.“ Er meint, die Quelle des Salzgehaltes dieser Steinkohlengrubenwässer sei in weitentfernten Salzlagern zu suchen, obwohl, wie er angiebt, Salzlager im Steinkohlengebirge selbst noch nicht angetroffen worden sind. Diese Ansicht dürfte wohl kaum Vertreter finden, denn es ist dabei unerklärlich, warum gerade nur die meist zwischen Thon isolirten Steinkohlenlager salziges Wasser haben, während keine nach einem etwaigen Salzlager hingelegene Schicht von solchen salzigen Wässern durchdrängt ist. Für einen einzelnen Fall nahegelegener Salzlager wäre diese Annahme wohl zulässig, nicht aber für eine fast regelmässige Erscheinung salziger Grubenwässer in Steinkohlenlagern, bei denen oft selbst in weitester Entfernung keine Salzlager vorhanden sind. Woher soll z. B.

in Zwickauer Steinkohlenlagern, wo früher sogar der Salzgehalt der Grubenwässer fabrikmässig zu verwerthen versucht wurde, der Salzzufluss gekommen sein, da es in ganz Sachsen keine Salzlager noch Salzquellen giebt?

Andererseits fehlen den limnischen Braunkohlenlagern (also von ästuarischen abgesehen) regelmässig die salzigen Grubenwässer. C. F. Zincken, der bekannte Monograph der Braunkohlen, schreibt mir auf eine diesbezügliche Anfrage über nicht ästuarische Braunkohlenlager: »Mir ist nur ein Braunkohlenlager bekannt, welches salzige Grubenwässer führt und zwar das bei Kötzschau in der Nähe der Saline Dürrenberg. Ob die Kohlenlager der Wealdenformation salzige Wässer einschliessen, weiss ich nicht; es wäre aber bei den in der Nähe von Salzlagern befindlichen leicht möglich.« Aus dem regelmässigen Fehlen der salzigen Grubenwässer in limnischen Braunkohlenlagern (mit einer bekannten Ausnahme, die nur die Regel bestätigt) und aus dem fast regelmässigen Vorkommen salziger Grubenwässer in Steinkohlenlagern (Ausnahmen erklären sich bei gestörten Lagerungsverhältnissen oder unvollkommenen Abschluss durch Thonschichten durch nachträgliche Auslaugung) geht hervor, dass die salzigen Wässer eine für Steinkohlenlager specifische Erscheinung sind; wenn die gewagte Erklärung regelmässiger nachträglicher Versalzung der Steinkohlenlager richtig wäre, so müsste dieselbe Versalzung bei Braunkohlenlagern auch regelmässig stattgefunden haben; das ist aber nicht der Fall, denn diese sind in der Regel salzfrei. Wenn man nun die Steinkohlenflora auf einem salzarmen Meere schwimmend und die daraus hervorgegangenen Steinkohlenlager als submarin entstanden annimmt, welche letztere noch dazu, wie es doch in der Regel der Fall ist, zwischen undurchlässigen Thonschichten eingebettet sind, so erklärt sich dieses häufige Vorkommen salziger Steinkohlengrubenwässer als zurückbehaltenes Meeres-

wasser ungezwungen; bei einer terrestren Steinkohlenflora wäre diese Erscheinung dagegen unerklärlich. Dass bei nachträglicher Hebung von Carbonschichten und theilweiser Austrocknung mancher Steinkohlenlager manchmal die eingeschlossenen Wässer concentrirter salzig werden mussten, braucht wohl nicht besonders erwähnt zu werden; sie wurden ja zuweilen sogar concentrirter als der Meeressalzgehalt jetzt ist.

36) Nicht blos das Vorkommen unbezweifelter Tange in Steinkohlenschichten neben Gefässkryptogamen (Beweis No. 10) beweisen gleichen Standort, das Meer, (es giebt übrigens jetzt noch Brackwasserfarne), sondern auch die an Farnstengeln schmarotzend gefundenen fossilen flechtenartigen Tange (Aphlebia, Fucoides etc.), die aber auch selbständig vorkommen und mancherorts in Kohlenschichten häufig sind, die man aber der carbonischen Landfloratheorie zu Liebe als Farne betrachtet, beweisen gleichen Standort, das Meer. Dass dies möglich war, haben wir unter Beweis 30 gezeigt. Die Gefässkryptogamen sind besonders in unteren carbonischen Schichten noch viel tangähnlicher, sodass eine strenge Grenze zwischen Tangen und Gefässkryptogamen zu jener Zeit weder existirte, noch, wie die Streitigkeiten (vergl. Cap. IX) zwischen Gelehrten, welche denselben Pflanzenrest bald bei den Tangen, bald bei den Gefässkryptogamen unterbringen, beweisen, feststellen lässt. In noch höherem Grade ist dann die Feststellung des ursprünglichen Standortes, ob Meer, ob Land, zweifelhaft, denn es ist dann rein willkürlich, welche Formen man dem Landleben zuweist und es ist eine falsche Folgerung, dass die Pflanzen, die man dem Landleben willkürlich zuweist, eine Landflora beweisen sollen. Erst solche Pflanzen, die echte Wurzeln haben oder in situ als isolirte Baumstämme verkieselt sind, beweisen eine litorale Flora; solche oder ähnliche Beweise müssen für die ersten Landpflanzen erbracht werden, ehe man sie als solche anerkennen darf. Es darf nicht ver-

gessen werden, dass jetzt noch bei den Meeresalgen fast alle Eigenschaften der Gefässkryptogamen, z. B. viele habituelle Aehnlichkeiten, Stengelbildung sogar mit jahresringartiger Erscheinung, Rindenbildung, Dimorphismus, Wurzel- und Rhizombildung, Knospeneinrollung, Blattbildung, gefässbündelartige Nervatur — diese sogar in 8 verschiedenen Weisen der einfacheren Farn-, Monocotylen- und Dicotylennervaturen*) —, Sporen- und Fruchtbildung, — diese sogar mannigfaltiger und z. Th. entwickelter als bei Gefässkryptogamen, — u. s. w. zuweilen finden und dass wir in den ältesten vorweltlichen Lebewesen solche mit gemischten Eigenschaften der jetzigen Lebewesen — Mischtypen — vorzugsweise zu erwarten haben. Diese Mischtypen aber von Meeresalgen und Gefässkryptogamen, die factisch vorhanden sind, bedingen auch für die waldartigen Pflanzen ein Uebergangsstadium in Bezug auf Standort und Lebensbedingungen und dafür kann und darf nur das Meer in Rücksicht kommen; das Meer muss so lange als Standort der carbonischen Mischtypen gelten, bis — wie gesagt — Beweise für die Landvegetation erbracht werden.

37) Die regelmässig abfallenden heterosporen Blüthenstände der Lepidosigillarien mit den männlichen Mikrosporanthen und den weiblichen Makrosporanthen, welche keine Früchte sind, wie man glaubt, denn Früchte entstehen erst nach der Befruchtung, lassen nur folgern, dass diese Bäume Wasserpflanzen waren, wie auch die noch am meisten, wenn auch nur entfernt verwandten Rhizocarpeen und Isoetaceen Wasserpflanzen sind. Die krautigen Selaginellen sind zwar

*) Vergl. Ktzg. tab. phyc. IX. 53—60, 100; XIV. 96, 99; XVI. 14—26; XVII. 83; XIX 55—58. Claudea und Vanvoorstia zeigen fast dicotyle Anastomosennervatur, wie sie bei Idiophyllum rotundifolium Lesquerreux (Coal flora 160. t. XXIII) aus dem Carbon sich vollkommener wiederfindet; es ist davon nur 1 Blatt bekannt, welches, wie auch Lesquerreux (und Weiss im Referat N. Jahrb. f. Miner. 1883, I. 519) meinen, ganz den Schein einer Dicotyledone besitzt.

auch heterospor, aber sie lassen ihre Blüthenstände nicht abfallen und werden wahrscheinlich durch Vermittelung der rinnenden Thau- oder Regentropfen befruchtet. Den Lepidosigillarien haftete noch die exoterische Befruchtung, wie sie Fucaceen und Fischen eigen ist, an, d. h. ihre männlichen und weiblichen Geschlechtszellen, die Mikrosporen und Makrosporen vereinigten sich stets erst im Wassermedium, nachdem sie vom Stammwesen entfernt, bez. abgefallen waren. Die Rhizocarpeen und Isoetaceen haben nicht regelmässig abfallende Geschlechtssporanthen, weil letztere in der Regel im Wasser verbleiben. So grosse Wasserpflanzen, wie die Lepidosigillarien sind aber nur in grossen ruhigen Wassergebieten denkbar, und als solche existirten s. Z. nur die Meere. Damit erklärt sich auch am einfachsten, dass sie bald und völlig ausstarben, als die Meere salziger und bewegter wurden, während die nicht schwimmenden, sondern hemipelagisch wurzelnden carbonischen Pflanzen sich mehr oder minder dem Landleben anpassten und viel länger erhalten blieben oder noch in nahe verwandten Formen existiren.

38) Durch im silvomarinen Wald epiphytisch existirende oder z. Th. über das ruhige Wasser gehobene Algen erklärt sich, wie früher dargelegt, nur die Entstehung angiospermenartiger Befruchtung, einerseits der Florideen, die, als sie später ins salzigere Meer zurückkehrten, eine andere Färbung erhielten, andrerseits der niedrigstehenden meeresalgenähnlichen echten Angiospermen der Podostemaceen, Najadeen, Ceratophylleen, Lemnaceen*) u. s. w., deren oft gefässbündelloser

*) Diesen schliessen sich an: Cacteen, Balanophoreen, Cytineen, welche man mit obigen als angiosperme Anthothalloiden vereinen darf. Ausserdem giebt es in den verschiedensten Angiospermenfamilien einfachgebliebene Formen, die man als älteste epiphytische, aquatische oder terrestre Formen ansprechen darf und die alle bei Bestimmung der Carpolithen nicht ausser Acht gelassen werden dürfen; vergl. O. Kuntze, Ueber Verwandtschaft von Algen mit Phanerogamen. [illegible]

Thallus als leicht verweslich nicht fossil erhalten blieb. Für deren carbonische Existenz spricht aber eine ausserordentliche Mannigfaltigkeit und oft auch Menge carbonischer Früchte, für welche die wahrscheinlich völlig verwesten Stammpflanzen unbekannt sind. Beschrieb doch Brongniart*) nur aus St. Etienne schon 26 Arten Samen in 17 Gattungen und Lesquerreux in seiner öfter citirten Coal Flora neuerdings 65 Arten Früchte (Carpolithen) aus Amerika, von denen ein Theil minder Gymnospermen als anthothalloiden Angiospermen zuzuschreiben sein dürfte. Für Früchte lässt sich meist gar kein entscheidender Unterschied zwischen den echten Dicotyledonen und den meist dicotylen Gymnospermen nachweisen. Carl Feistmantel bemerkt gelegentlich der Beschreibung**) eines neuen Carpolithen aus dem böhmischen Carbon von beträchtlicher Grösse (7 ½—8 cm : 2,5—3 cm), den er einer höheren Pflanzenfamilie zuschreibt, dass die verschiedenartigen carbonischen Carpolithen etwa 20—30 % aller verschiedenartigen carbonischen Pflanzenreste betragen und dass die Zugehörigkeit dieser fossilen Fruchtreste in gar vielen Fällen nicht blos nicht nachweisbar ist, sondern dass dieselben meist auch mit anderen bekannten pflanzlichen Carbonresten unmöglich vereinbar sind.

39) Die ungeheure Abnahme der Pflanzenarten nach dem Maximum der Steinkohlenflora bis zu Ende der 7. und Anfang der 8. Periode (Trias) von etwa 2500 auf 150 fossile Arten — dem übrigens auch das quantitative Vorkommen und Abnehmen der Kohlenlager annähernd parallel geht — beweist, dass die Steinkohlenflora keine continentale sondern eine marine war, die durch Versalzung und unruhiger gewordene

*) Just. II, 597 Referat.

**) Sitzungsber. d. k. böhm. Ges. d. Wiss. Prag 1882. S. 71—78. Referat Bot. Centralbl. XV 53.

Meeresoberfläche ausstarb, ehe die Continente eine reiche Flora erhielten; denn wenn die Continente bereits einmal und noch dazu so stark bewachsen gewesen wären, so ist kein Grund ersichtlich, dass sie wieder fast pflanzenfrei geworden sein sollten.

40) Die Pflanzenarmuth während der 7. und Anfang der 8. Periode prägt sich auch durch häufige Entstehung gefärbt einschüssiger Gesteine in dem sogenannten Rothliegenden aus. Die Erfahrung lehrt, dass in Wäldern und Gärten, unter vermoderndem Laub und überhaupt unter der Vegetation die gelbbraunen bis rothen Sande entfärbt werden; es beruht das auf Reduction des Eisenoxydes zu Eisenoxydul und nachheriger Lösung durch die organischen Verbindungen. Die häufigere Entstehung der einschüssigen Gesteine des Rothliegenden ist also nur bei geringer Florenentwickelung möglich. Das Rothliegende ist ausserdem eine alluvione Strandbildung und diese würden also auch bei einer üppigeren Meeresflora im Allgemeinen nicht eisenschüssig stark gefärbt sein können. Das ist in der That bei den früheren Ablagerungen der Erosionsproducte vor den Flussmündungen in der Regel der Fall, und also ein Beweis für die üppigere Meeresvegetation in den azonalmarinen biotischen Perioden, während in späteren Perioden von den bewachseneren Continenten überhaupt nur wenig oder keine stark gefärbt eisenschüssigen Alluvionen am Strand sich ablagern konnten. Ist dies auch kein zwingender Beweis für den Florenwechsel zwischen Meer und Land im Laufe der Perioden, weil diese Erscheinung gefärbt eisenschüssiger Gesteine als marine Uferfacies localen Ausnahmen unterworfen sein konnte, weil ferner bei local stärkeren Ansammlungen von Eisenverbindungen auch Ausnahmen eintreten, sowie weil von nackten Ländergebieten mit sehr eisenarmen Gesteinen keine eisenschüssigen Alluvionen entstehen können, so lässt sich doch im Allgemeinen obige

Regelmässigkeit nicht verkennen und ist also der Beweis mindestens als ein ergänzender zu betrachten.

41) Wenn man annimmt, dass die Carbonflora bereits eine wirkliche Landflora war, so hätte — auf Bergspitzen zum mindesten — eine xerophile (trockenliebende) Flora mit z. B. den fossil leichter erhaltbaren lederartigen Blättern der subtropischen Landflora entstehen müssen. Das ist aber nicht der Fall; die fossilen Reste einer typischen Landflora erscheinen viel später und deshalb ist auch eine wirkliche Landflora (d. h. von zuletzt erscheinenden Anfängen der Landflora abgesehen) in der Steinkohlenzeit ausgeschlossen. (Vergl. S. 55).

42) Da es im Anfang der biotischen Perioden wegen fehlender oberirdischen Thiere und Pflanzen und wegen der chemisch und physikalisch anzunehmenden vollständigen Auflösung aller Kohlensäure im Meer keine kohlensäurehaltige Atmosphäre, wie wir im Capitel VII ausführten, gegeben haben kann, ohne eine solche aber Landpflanzen nicht existiren können, so konnte sich eine Landflora auch nicht eher entwickeln, als bis nach Entstehung der luftlebenden Thiere und der supermarinen, etwas Kohlensäure aushauchenden Flora die Vorbedingung zu einer terrestren Flora — die kohlensäurehaltige Atmosphäre — erst entstanden war; also der Landflora musste eine silvomarine Flora vorausgehen. Die silvomarine Flora selbst konnte wegen des kohlensäurehaltigen und kalkbicarbonathaltigen Meeressubstrates und wegen des feuchtwarmen Seeklimas gut gedeihen, ohne dass sie auf die Kohlensäure der Luft angewiesen war — etwa wie in manchen, lange Zeit festgeschlossenen Treibhäusern mit gleichfeuchter, warmer Luft die Pflanzen üppig wachsen und doch ihren Kohlenstoffbedarf fast nur aus dem Substrat beziehen können; ohnehin weist das Fehlen, bez. sparsame Vorkommen von Spaltöffnungen bei den meisten Farnen darauf hin, dass sie

ihre Kohlenstoffnahrung aus dem Substrat beziehen. Die supermarine Flora konnte der in die Luft ausgehauchten Kohlensäure, die ja alle Pflanzen des Nachts durch die Epidermis mit oder ohne Spaltöffnungen etwas aushauchen, entbehren und wesentlich dadurch ist erst die Vorbedingung der kohlensäurehaltigen Atmosphäre für die spätere terrestrische Flora entstanden.

Es dürfte ungerechtfertigt sein, nach dieser Menge meist unabhängiger und sich ergänzender, mehr oder minder gravirender Beweise, deren schon einige wenige für die oceanisch schwimmende Waldflora der Steinkohlenperiode genügen, noch eine solche Flora zu bezweifeln, so befremdlich sie uns auch jetzt erscheinen mag. Meine »Frage vom salzfreien Urmeere«*) ist jetzt keine Frage mehr; die Antwort hat sich dahin präcisirt, dass die salzarmen ältesten Oceane nach genügender Abkühlung sehr vegetationsreich waren.

Zum Schluss will ich noch zu dem idealen Vegetationsbild aus der silvomarinen Periode einige Erläuterungen geben. Das ideale Bild der Steinkohlenflora versetzt uns in einen späten Abschnitt der silvomarinen Periode. Die auf ruhigem Meere schwimmende Flora ist im Maximum ihrer Entwickelung: die Sigillarien ohne verzweigte Baumkrone mit gerade übereinanderstehenden Rindenblattnarben und die Lepidodendren mit gabelig getheilten Baumkronen und spiralig angeordneten Blattnarben bilden einen lichten Hain, dessen Gesammteindruck indess durch die stetige Himmelsbewölkung [illegible] wird. Die [illegible] Rhizome dieser lebend schwimmenden Bäume sind vielfach durcheinander gewachsen

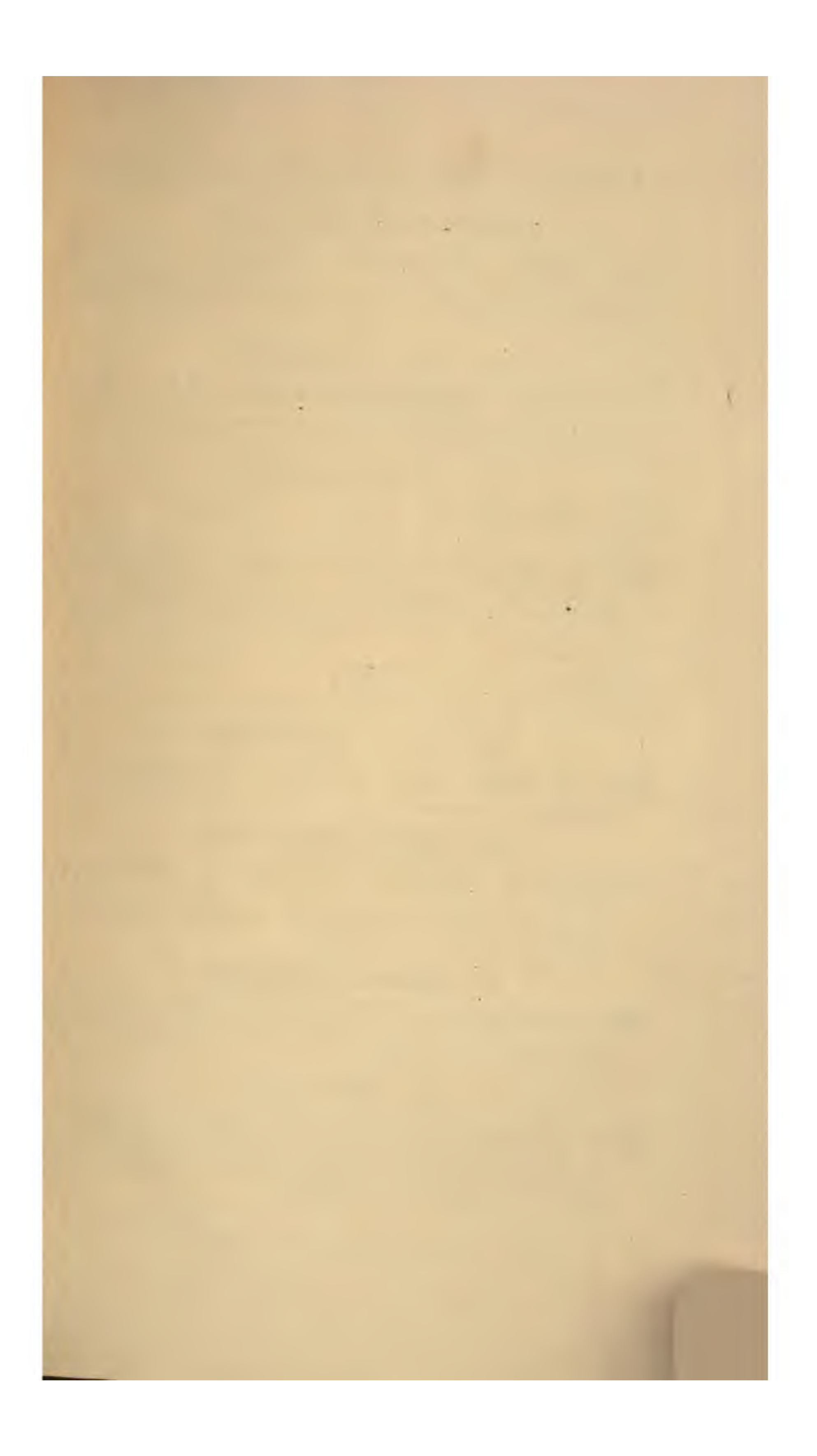
*) Die Schutzmittel der Pflanzen und die Frage vom salzfreien Urmeere. 1877. Beilage zur Botanischen Zeitung. Auch besonders erschienen bei Arthur Felix in Leipzig.

und bilden einen schwimmenden Waldboden auf dem mancherlei Farne und farnähnliche Tange wachsen. Der schwimmende Wald befindet sich etwas entfernt vom Strand, weil er vor der Mündung eines ravinenartigen Flusses liegt, der in kurzen Abwechselungen wasserführend und trocken ist und zur Zeit gerade wasserlos ist, wie die entblösten Rollsteine des Flussbettes erkennen lassen. Das Land selbst ist felsig und kahl, nur einige Cacteen sind dessen problematische Bewohner. Im Vordergrund rechts erblicken wir einen Strandwald, dessen auf seichtem Meeresgrund wurzelnde Bäume auch als Uferpflanzen erscheinen; in diesem Wald finden wir hauptsächlich Farnbäume, schachtelhalmartige und jedenfalls auch mit Casuarinen verwandte Bäume, araucaritenähnliche Gymnospermen, sowie Cycadeen, deren lange breitlinealen Blätter wohl zum Theil schwammen, deren Stämme theilweise submarin sind und deren Habitus an den jetzt noch strandliebenden Pandanus erinnert.

Ausserdem ist auch ein unterseeischer Wald aus mehr oder minder grossen Tangen an einem steinigen, schlammfreien Uferabfall angedeutet, dessen Gestalten vielfach Aehnlichkeiten mit den supermarinen Pflanzen hatten.

Specielle Details über Pflanzenspecies zu geben, verbot die Kleinheit des Bildes; aus demselben Grunde ist die zweifellos vorhanden gewesene üppige kleine krautige Vegetation, die besonders aus schwimmenden Algen bestand, im Bild nicht angegeben.

Leipzig,
Druck von August Pries.



Druck von August Pries in Leipzig.

Leipzig,
Druck von August Pries.

